Aufgaben-Sammlung

zur

Technischen Mechanik und Festigkeitslehre

für

Bergschulen und andere technische Mittelschulen

von

Professor **Albrecht Schwidtal,**
Bergschuldirektor zu Tarnowitz,

und

Dipl. Ing. **Carl Teiwes,**
ord. Lehrer an der Bergschule zu Tarnowitz

Mit 150 Figuren.

Leipzig.
Verlag von Julius Baedeker.
1903.

Vorwort.

Zu meinem „Lehrbuch der technischen Mechanik und Festigkeitslehre“, welches Anfang vorigen Jahres in dem gleichen Verlage erschienen ist, gebe ich hiermit in Gemeinschaft mit Herrn Maschinen-Ingenieur Teiwes eine Aufgaben-Sammlung heraus.

Die Sammlung ist im Laufe eines mehrjährigen Unterrichtes in der Mechanik und Festigkeitslehre angelegt worden und enthält zum überwiegenden Teile Original-Aufgaben. Herr Teiwes hat Ergänzungen zu diesen Aufgaben gegeben, die Zahlenangaben derselben geprüft und die Bearbeitung der Figuren übernommen. Die Auflösungen wurden von beiden Verfassern getrennt ausgeführt und verglichen.

Dieselben sind so ausführlich gehalten, daß sie auch als Grundlage für ein eignes Studium ohne Lehrer dienen können.

Möge die Aufgaben-Sammlung dieselbe günstige Beurteilung in Fachkreisen finden, die mein Lehrbuch der technischen Mechanik gefunden hat.

Für Verbesserungsvorschläge usw. werde ich stets dankbar sein.

Die Aufgaben und die Auflösungen sind durch je zwei freigelassene Zeilen getrennt, damit zu dem Texte der Aufgabe andere Zahlenwerte hinzugefügt und dadurch die Anzahl der Aufgaben für den Gebrauch in der Schule beliebig erhöht werden kann.

Tarnowitz, im März 1903.

Albrecht Schwidtal.

Inhalt.

A. Mechanik.

B. Festigkeitslehre.

Urteile der Fachpresse

über

Technische Mechanik

nebst einem Abriß der Festigkeitslehre für Bergschulen und andere technische Lehranstalten von Prof. Schwidtal, Direktor der Oberschles. Bergschule zu Tarnowitz. Mit 78 Figuren. 76 S. 8°. 1902. Preis kart. M. 1,50.

Zeitschrift für das Berg-, Hütten- und Salinenwesen im Preußischen Staate, herausgegeben im Ministerium für Handel und Gewerbe. 50. Band, 1. Heft, C. Literatur, Seite 29.

Das Werkchen gibt auf 76 Seiten in einfacher und deutlicher Darstellung einen Überblick über die wichtigsten Gebiete der Mechanik und berücksichtigt dabei nach Möglichkeit die in der Technik des Grubenbetriebes täglich auftretenden mechanischen Fragen, die in den bisher vorhandenen ähnlichen Leitfäden mäßigen Umfangs meist nicht genügend vollständig behandelt sind; es seien in dieser Beziehung die Ausführungen über konische Seiltrommeln, Bremsen und Reibung von Förderwagen hervorgehoben. Zum Verständnis wird die Kenntnis der niederen Mathematik vorausgesetzt, mit deren Hülfsmitteln die meisten mitgeteilten Formeln und Sätze in einleuchtender und genügend scharfer Weise abgeleitet werden; wo dies nicht möglich ist, sind die Sätze, ohne verwickelte und künstliche Ableitungen zu versuchen, historisch angeführt. Die zahlreichen, erläuternden Abbildungen sind klar und übersichtlich gestaltet. Das Buch, dem im Laufe des Jahres eine kleine Sammlung von Aufgaben des behandelten Gebietes folgen soll, kann als bequemer Wegweiser für die erste Einführung in die technische Mechanik nur empfohlen werden.

Zeitschrift des Oberschlesischen Berg- und Hüttenmännischen Vereins. Februar 1902. Seite 81.

. . . . . Sämtliche Erläuterungen sind präzis und leichtverständlich gegeben. Geeignete Zeichnungen unterstützen überall, wo es erforderlich ist, die Darstellung. . . . Trotz seines billigen Preises ist das Buch in Papier und Druck sehr gut ausgestattet.

„Glück auf“, Berg- und Hüttenmännische Wochenschrift, Essen. No. 5. 1902. Seite 118.

Man sieht auf jeder Seite des sehr anschaulich und klar gehaltenen Werkchens, daß der Verfasser aus der Praxis heraus geschaffen hat. Zur Klarheit trägt wesentlich die vielfach verwendete graphische Methode bei. Obwohl das Werkchen die Bedürfnisse des Bergbaus besonders berücksichtigt (konische Seilkörbe, die verschiedenen Arten von Bremsen, Förderseile), so kann es doch auch an anderen Schulen zum Studium mit Erfolg benutzt werden. Dr. L.

Österreichische Zeitschrift für Berg- und Hüttenwesen. Wien. No. 12. 1902. Seite 164.

..... Der Leitfaden zeichnet sich durch gemeinfaßliche Darstellung, Übersichtlichkeit und Kürze aus. Der Stoff ist ungemein instruktiv und klar behandelt. Wünschenswert wäre es, wenn in einer zu erhoffenden Neu-Auflage die Bezeichnung der Skizzen mit deutlicheren Buchstabentypen erfolgen, und wenn einzelne der Praxis entnommene Zahlenbeispiele die Verwertung der aufgestellten Formeln veranschaulichen würden, was uns im Interesse jener minder beholfenen Anfänger, für welche das Buch ja zunächst bestimmt ist, und für welche der Leitfaden ein sehr nützliches Nachschlagebuch auch in späteren Zeiten sein wird, gelegen erschiene. Die verschiedene Organisation der Bergschulen, die ja zumeist nur den Bedürfnissen jener Reviere genügen sollen, in denen sie errichtet wurden, bringt es mit sich, daß nur wenige allenthalben brauchbare Bücher für den Bergschul-Unterricht existieren. Der vorliegende Leitfaden, dessen Erscheinen wir lebhaft begrüßen, wird einen ganz vorzüglichen Lehrbehelf an den obengenannten Schulen bilden; er ist jedenfalls mit zu den besten Büchern zu zählen, die bis jetzt für den Unterricht vorbereitender Gegenstände für Bergschulen geschrieben wurden. Emmerling.

Der Kohlen-Interessent. Teplitz. No. 3. von 1. II. 1902.

..... Für den Unterricht in der technischen Mechanik an den mittleren technischen Lehranstalten und besonders an den Bergschulen gab es bisher kein passendes Lehrbuch. Die vorhandenen Lehrbücher und Katechismen waren entweder zu umfangreich oder sie erforderten zu umfassende Vorkenntnisse. Der Verfasser des vorliegenden Lehrbehelfes war daher genötigt gewesen, das Material für den Unterricht selbst passend zusammen zu stellen und, da er annimmt, daß an anderen ähnlichen Anstalten ein gleiches Bedürfnis vorliegt, wie an der ihm unterstehenden Bergschule, so wurde der von ihm gesammelte Lehrstoff auf diese Art einem weiteren Kreise zugänglich gemacht. . . .

Der Metallarbeiter. Wien. Nr. 17, vom 26. IV. 1902

..... Dieses Buch sei wegen seiner besonders klaren und verständlichen Schreibweise allseits empfohlen. . . .

Hachmeisters literarischer Monatsbericht für Ingenieurwissenschaft. Leipzig. No. 2. 1902.

. . . . . seine Sprache ist allgemein verständlich, und seine mathematischen Deduktionen sind zwar etwas kurz, aber prägnant. . . .

Uhlands Technische Rundschau. No. 7, vom 13. II. 1902.

. . . . . für mittlere technische Lehranstalten ein willkommenes Lehr- und Hilfsmittel bei Unterricht wie Hausarbeiten.

Neueste Erfindungen und Erfahrungen auf dem Gebiete der Technik von Dr. Koller. Wien. No. 6. 1902.

. . . . . Technischen Schulen und Studierenden sehr zu empfehlen.

Der Kompaß. Berlin. No. 2, vom 20. 1. 1902.

. . . . . nicht nur den Bergschülern, auch den Studierenden des Bergfaches in den ersten Studiensemestern zur Einführung in das Studium der technischen Mechanik wird das Buch sehr willkommen sein.

„Der Bergbau". Bergmännische Wochenschrift. Gelsenkirchen. No. 18, vom 29. Januar 1902. Seite 12.

Unter Voraussetzung der Kenntnisse in der Mechanik, wie sie in den Physikstunden der mittleren Klassen einer höheren Unterrichtsanstalt gelehrt werden, und der Kenntnis der niederen Mathematik, behandelt die Broschüre an der Hand zahlreicher Abbildungen etwa den Stoff, der auf einer Bergschule in der technischen Mechanik durchgenommen zu werden pflegt. Da die technische Mechanik eine Vorbereitung für den Unterricht in der Maschinenbaukunde bildet, wird der Leitfaden auch für Studierende dieses Faches, sowie des Bergfaches, für ihre erste Studienzeit nicht ohne Wert sein.

Bbg.

Österreichisch-Ungarische Montan- u. Metallindustriezeitung. Wien. No. 33, vom 17. VIII. 1902.

Der vorliegende Leitfaden bietet in knapper, leichtverständlicher Form eine anschauliche Übersicht der technischen Mechanik. . . . Als Vorbereitungsbuch für das Studium der Maschinenkunde dürfte dieser Leitfaden unschätzbare Dienste leisten.

A. Mechanik.

§ 1. Die Schwere.

1.—10. Aufgabe. Fig. 1. Ein Rohr mit kreisförmigem Querschnitt hat einen äußeren Durchmesser von D mm, einen inneren Durchmesser von d mm, eine Wandstärke von w mm, eine Länge von l m, wiegt G kg und ist aus einem Material von dem spezifischen Gewichte s hergestellt.

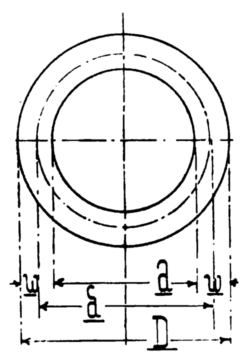


Fig. 1.

1. Aufgabe. $D = 400$; $d = 350$; $s = 3$; $G = 517$. $w = ?$; $l = ?$

2. Aufgabe. $D = 920$; $d = 880$; $l = 3{,}48$; $G = 983$. $w = ?$; $s = ?$.

3. Aufgabe. $D = 630$; $G = 507$; $s = 0{,}48$; $l = 7{,}8$. $d = ?$; $w = ?$

4. Aufgabe. $d = 567$; $G = 609$; $s = 0{,}6$; $l = 4{,}8$. $D = ?$; $w = ?$

5. Aufgabe. $D = 436$; $d = 392$; $l = 1{,}78$; $s = 3{,}5$.
$G = ?$; $w = ?$

6. Aufgabe. $d = 493$; $w = 94$; $s = 0{,}6$; $G = 517$.
$D = ?$; $l = ?$

7. Aufgabe. $D = 400$; $w = 38$; $s = 0{,}7$; $G = 432$.
$d = ?$; $l = ?$

8. Aufgabe. $w = 40$; $G = 130$; $s = 7{,}5$; $l = 0{,}34$.
$D = ?$; $d = ?$

9. Aufgabe. $d = 298$; $w = 50$; $s = 0{,}54$; $l = 3{,}46$.
$D = ?$; $G = ?$

10. Aufgabe. $D = 457$; $w = 42$; $s = 4{,}2$; $l = 1{,}72$.
$d = ?$; $G = ?$

11. Aufgabe. Wie stark ist ein Bleirohr, dessen äußerer Durchmesser $D = 42$ mm und dessen Gewicht für das laufende Meter $G = 7{,}7$ kg beträgt? (Spezifisches Gewicht des Bleis $s = 11{,}35$.)

12. Aufgabe. Wie schwer ist ein oben offener Bleikasten, dessen rechteckige Grundfläche die Maße 1,75 m $\times$ 2,15 m hat, dessen 4 senkrechte Wände eine Höhe von 0,85 m haben und dessen Wandstärke 8 mm beträgt? (Spez. Gew. 11,35.)

13. Aufgabe. Ein Grubenfeld bedeckt einen Flächenraum von 507 m $\times$ 963 m. Es stehen darunter 4 Flöze mit

insgesamt 16 m Kohlen bauwürdig an. Die Flöze streichen parallel der langen Kante des Grubenfeldes und fallen mit durchschnittlich 7° ein. Wieviel Tonnen (t) Kohle können aus dem Grubenfelde gewonnen werden, wenn auf Abbauverluste 25 % gerechnet werden und das spezifische Gewicht der Kohle mit 1,35 angenommen wird?

14. Aufgabe. Nach der Baurechnung wiegt ein gußeiserner Pfeiler mit quadratischem Querschnitt (22 cm × 22 cm) und von einer Länge von 3,62 m 324 kg. Wie stark ist die Wandung des Pfeilers? Spezifisches Gewicht 7,3.

15. Aufgabe. Ein Backstein in Normalformat hat folgende Maße: 25 cm × 12 cm × 6,5 cm. Der gemeine Ziegelstein hat ein spezifisches Gewicht von 1,4—2,2, der Klinker von 1,6—2,3. Welches Gewicht G haben die verschiedenen Steine?

16. Aufgabe. Ein Ziegelstein von Normalformat (25 × 12 × 6,5 cm³) wiegt 3,21 kg. Wie groß ist sein spezifisches Gewicht s?

17. Aufgabe. Fig. 2. Ein prismatischer Maschinenteil mit dem nebenstehenden Querschnitt (die Maße in mm) ist 4,76 m lang und aus Gußeisen vom spezifischen Gewicht 7,3. Wieviel kg wiegt er?

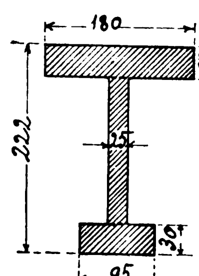


Fig. 2.

18. Aufgabe. Eine Transmissionswelle soll eine Länge von 16 m und

einen Durchmesser $d = 10{,}5$ cm erhalten. Wie schwer wird sie sein, wenn das spezifische Gewicht des Schmiedeeisens $s = 7{,}8$ ist?

19. Aufgabe. Eine Welle von 180 mm Durchmesser wiegt bei 2,30 m Länge 456,5 kg. Wie groß ist das spezifische Gewicht s des Herstellungsmaterials?

20. Aufgabe. Wieviel wiegt ein gußeisernes Gestell, wenn das aus Lindenholz hergestellte Modellstück dazu 34 kg wiegt? Spezifisches Gewicht des Gußeisens $s_1 = 7{,}5$; dasjenige des Lindenholzes $s_2 = 0{,}56$.

21. Aufgabe. Das Gipsmodell einer Glocke wiegt 33 kg, das spezifische Gewicht des gegossenen und getrockneten Gipses ist $s_2 = 0{,}97$; dasjenige des Glockenmetalles ist $s_1 = 8{,}81$. Wie schwer wird die Glocke werden?

22. Aufgabe. Wieviel Zentner Steinkohle faßt ein Förderkasten von 1,10 m Länge, 0,80 m Breite und 0,90 m Höhe (im Lichten gemessen), wenn das spezifische Gewicht der festen Steinkohle $s = 1{,}2$ ist und der Schüttungskoeffizient $\sigma = 1{,}5$ angenommen wird? Unter dem Schüttungskoeffizienten versteht man dabei die Zahl, die angibt, wieviel Kubikmeter geschütteter (loser) Kohle aus einem Kubikmeter fester Kohle entstehen.

23. Aufgabe. Die Höhe, Breite und Länge eines Förderkastens für Zinkerze sollen sich wie $3:4:5$ verhalten. Welche lichten Maße wird man dem Kasten geben, wenn das spezifische Gewicht des geschütteten (losen)

Materials $s_1 = 4$ angenommen wird und der Kasten nicht mehr als 10 Zentner fassen soll?

24. Aufgabe. Welche Maße muß unter den Bedingungen der vorigen Aufgabe ein Förderkasten für Dolomit erhalten, wenn das spezifische Gewicht des festen Gesteins $s = 2{,}7$ ist und der Schüttungskoeffizient $\sigma = 1{,}5$ angenommen wird? Die Erklärung des Ausdruckes: Schüttungskoeffizient siehe 22. Aufgabe.

25. Aufgabe. Der Kasten eines Kippwagens hat eine Länge $L = 1{,}20$ m und Seitenflächen von der Form eines Parabelsegmentes, dessen Höhe $H = 0{,}75$ m und dessen Sehne $S = 0{,}90$ m beträgt. Die Maße seien im Lichten gemessen. Wieviel Zentner Erde vermag der Kasten zu fassen, wenn das spezifische Gewicht der gelockerten Erde $s_1 = 1{,}65$ ist?

26. Aufgabe. Ein Kubikmeter atmosphärischer Luft von 0^0 Celsius wiegt bei einem Barometerstand von 760 mm 1,293 kg. Wie groß ist demnach das spezifische Gewicht s der Luft?

§ 2. Der Hebel.

27. Aufgabe. Fig. 3 und 4. Bei dem Sicherheitsventil eines Dampfkessels beträgt die Länge der Hebelarme: für den Dampfdruck P im Ventil a mm und für das Laufgewicht Q b mm, der Maximalwert des Dampfdruckes auf das Ventil P kg und das Laufgewicht Q kg. Es seien gegeben

$a = 140$ mm; $b = 900$ mm; $P = 150$ kg.
Wie groß ist Q?

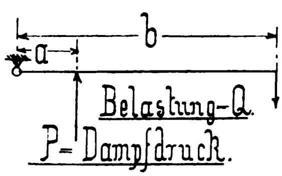


Fig. 3.

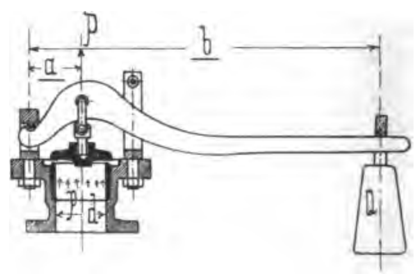


Fig. 4.

28. Aufgabe. In Aufgabe 27 seien gegeben
$a = 90$ mm; $b = 700$ mm; $Q = 22$ kg.
Wie groß ist P?

29. Aufgabe. In Aufgabe 27 seien gegeben
$a = 110$ mm; $P = 200$ kg; $Q = 25$ kg.
Wie groß ist b?

30. Aufgabe. In Aufgabe 27 seien gegeben
$b = 1000$ mm; $P = 432$ kg; $Q = 40$ kg
Wie groß ist a?

31. Aufgabe. Fig. 4 und 5. Bei dem Sicherheitsventil eines Dampfkessels wirkt der Maximaldruck P kg auf das Ventil am Hebelarme a mm, das Gewicht des Hebels G kg am Hebelarme c mm und das Laufgewicht Q kg am Hebelarme b mm. Es seien gegeben

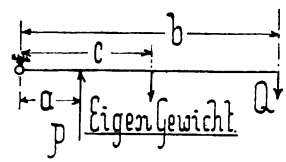


Fig. 5.

$$a = 120 \text{ mm}; \; b = 960 \text{ mm}; \; c = 400 \text{ mm};$$
$$P = 400 \text{ kg}; \; G = 5 \text{ kg}.$$

Wie groß ist Q?

32. Aufgabe. In Aufgabe 31 seien gegeben

$$a = 110 \text{ mm}; \; b = 900 \text{ mm}; \; c = 400 \text{ mm};$$
$$P = 400 \text{ kg}; \; Q = 42 \text{ kg}.$$

Wie groß ist G?

33. Aufgabe. In Aufgabe 31 seien gegeben

$$a = 100 \text{ mm}; \; b = 700 \text{ mm}; \; c = 290 \text{ mm};$$
$$G = 4 \text{ kg}; \; Q = 36 \text{ kg}.$$

Wie groß ist P?

34. Aufgabe. In Aufgabe 31 seien gegeben

$$a = 90 \text{ mm}; \; b = 692 \text{ mm}; \; P = 400 \text{ kg};$$
$$Q = 50 \text{ kg}; \; G = 4 \text{ kg}.$$

Wie groß ist c?

35. Aufgabe. In Aufgabe 31 seien gegeben

$$a = 90 \text{ mm}; \; c = 300 \text{ mm}; \; P = 380 \text{ kg};$$
$$Q = 40 \text{ kg}; \; G = 5 \text{ kg}.$$

Wie groß ist b?

36. Aufgabe. In Aufgabe 31 seien gegeben
$b = 1000$ mm; $c = 450$ mm; $P = 500$ kg;
$Q = 40$ kg; $G = 6$ kg.
Wie groß ist a?

37. Aufgabe. Fig. 4 und 5. Bei dem Sicherheitsventil eines Dampfkessels beträgt der Durchmesser d des Ventils 60 mm; der Abstand a des Ventils vom Drehpunkte des Hebels 100 mm; das Ventilgewicht $G_1 = 2$ kg; das Gewicht des ganzen Hebels $G_2 = 7{,}5$ kg wirke an einem Hebelarme $c = 400$ mm und das Belastungsgewicht $Q = 30$ kg an einem Hebelarme $b = 750$ mm. Wie groß ist der Maximaldruck p des Dampfes auf 1 qcm Ventilfläche?

38. Aufgabe. Fig. 6. Zur Bremsung der Scheibe B sei ein Bremsdruck von N kg erforderlich, welcher durch einen einarmigen Bremshebel hervorgebracht werden soll. Der Bremsdruck N wirke an einem Hebelarme von a mm. Von diesem um b mm entfernt greife eine Antriebskraft von P kg an. Es seien gegeben $a = 150$ mm; $b = 600$ mm; $P = 10$ kg.
Wie groß ist N?

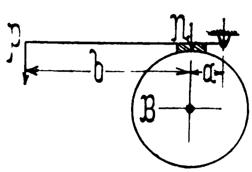


Fig. 6.

39. Aufgabe. In Aufgabe 38 seien gegeben
$a = 150$ mm; $P = 10$ kg; $N = 60$ kg.
Wie groß ist b?

40. Aufgabe. In Aufgabe 38 seien gegeben
$b = 600$ mm; $P = 15$ kg; $N = 70$ kg.
Wie groß ist a?

41. Aufgabe. In Aufgabe 38 seien gegeben

$a = 150$ mm; $b = 550$ mm; $N = 50$ kg.

Wie groß ist P?

42. Aufgabe. Fig. 7. Eine Kesselspeisepumpe besitze einen Kolbendurchmesser von d mm und arbeite gegen einen Kesseldruck von p Atmosphären Überdruck. Der Kolbendruck betrage Q kg, die Antriebskraft P kg; die Hebelmaße seien a und b mm. Es seien gegeben

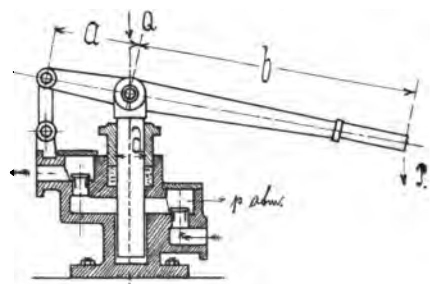


Fig. 7.

$a = 100$ mm; $b = 350$ mm; $d = 30$ mm; $p = 6{,}3$ atm.

Wie groß sind Q und P?

43. Aufgabe. In Aufgabe 42 seien gegeben

$a = 100$ mm; $d = 40$ mm; $p = 7$ atm; $P = 15$ kg.

Wie groß sind b und Q?

44. Aufgabe. In Aufgabe 42 seien gegeben

$b = 400$ mm; $d = 30$ mm; $p = 8$ atm; $P = 17$ kg.

Wie groß sind a und Q?

45. Aufgabe. In Aufgabe 42 seien gegeben

$a = 110$ mm; $b = 400$ mm; $d = 40$ mm; $P = 16$ kg

Wie groß sind p und Q?

46. Aufgabe. In Aufgabe 42 seien gegeben

$a = 90$ mm; $b = 300$ mm; $p = 5$ atm; $P = 10$ kg.

Wie groß sind d und Q?

47. Aufgabe. Fig. 8. Wie groß muß das Gegengewicht Q kg in der Entfernung $c = 1{,}5$ m vom Drehpunkte sein, um das Gewicht des skizzierten hölzernen Schlagbaumes (spezifisches Gewicht $s = 0{,}55$) auszubalancieren? Das auf der Seite des Gegenwichtes befindliche Ende des Schlagbaumes ist $a = 2{,}00$ m lang, das andre Ende $b = 10{,}00$ m lang. Der Querschnitt des Schlagbaumes sei quadratisch mit der Seite $q = 250$ mm.

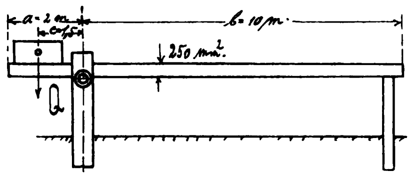


Fig. 8.

48. Aufgabe. Fig. 9. Eine zweizylindrische Feuer-

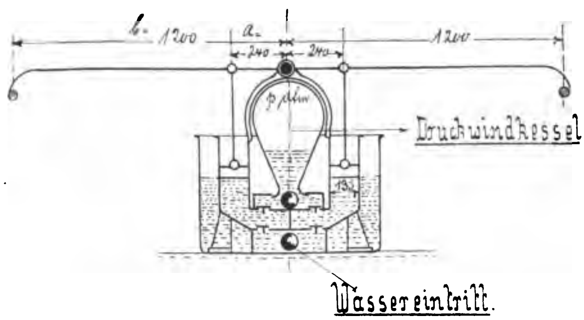


Fig. 9.

spritze besitze die skizzierten Hebelverhältnisse. Wie groß ist der Hub h der Kolben, wenn der Arbeitshub am Kraftarme $H = 1{,}7$ m beträgt? (Durchmesser der Kolben $d = 135$ mm).

49. Aufgabe. Wie groß ist in Aufgabe 48 der Druck P des niedergehenden Kolbens auf das Wasser, wenn auf jeder Seite 7 Mann mit je 10 kg wirken? Der Zug auf

den aufgehenden Kolben soll vernachlässigt werden, da keine nennenswerten Saugwiderstände zu überwinden sind. Dafür sind aber 10 % Reibungswiderstände in Rechnung zu setzen.

50. Aufgabe. Welcher Druck p in Atmosphären herrscht dabei (siehe vorige Aufgabe) im Windkessel?

51. Aufgabe. Wieviel Wasser W kann in den Aufgaben 48 und 49 in der Minute bei $n = 90$ Hüben (in der Minute) in den Windkessel gedrückt werden? ($d = 135$ mm).

52. Aufgabe. Wieviel Mann sind in Aufgabe 48 auf jeder Seite erforderlich, wenn ein Druck von 6,5 Atmosphären im Windkessel erzeugt werden soll?

53. Aufgabe. Mit welcher Kraft K muß in Aufgabe 48 gearbeitet werden, wenn der Druck von 6,5 Atmosphären durch dieselbe Zahl von Arbeitern (7) wie in Aufgabe 49 erzeugt werden soll?

54. Aufgabe. Fig. 10. Ein Bohrschwengel besitzt einen Kraftarm a und einen Lastarm b. Am Kraftarm a greifen 12 Arbeiter mit je $P = 20$ kg an. Am Lastarm b wirke das Gewicht des Bohrgestänges G_1 und das Schlaggewicht G_2. Das Gewicht des Bohrgestänges G_1 ist durch ein Gegengewicht Q

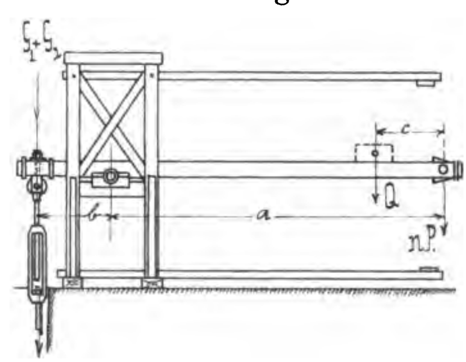


Fig. 10.

in der Entfernung c vom hinteren Ende des Kraftarmes ausgeglichen. Daher ist nur das Schlaggewicht G_2 durch Niederdrücken des langen Kraftarmes zu heben. Es trennt sich beim Fallenlassen vom Gestänge und wirkt Arbeit verrichtend. Der Arbeitshub H sei 1,75 m; der Gestängehub sei h. Es sei $a = 6$ m; $b = 1{,}5$ m; $c = 1{,}5$ m; $G_1 = 500$ kg; $G_2 = 300$ kg. Wie groß ist der Gestängehub h, das Gegengewicht Q und wieviel Arbeiter sind erforderlich?

55. Aufgabe. Welches sind die Werte für h, Q und n in Aufgabe 54, wenn $a = 6{,}5$ m; $b = 1{,}5$ m; $c = 1{,}5$ m; $G_1 = 1000$ kg und $G_2 = 250$ kg gegeben sind?

56. Aufgabe. Welches sind die Werte für h, Q und n in Aufgabe 54, wenn $a = 7$ m; $b = 1{,}5$ m; $c = 1$ m; $G_1 = 3000$ kg und $G_2 = 450$ kg gegeben sind?

57. Aufgabe. Wie muß in Aufgabe 54 der Drehpunkt verlegt werden bei einer Gesamtlänge $a + b = 7{,}5$ m des Schwengels, wenn der Gestängehub $h = 600$ mm werden soll? Wie groß sind alsdann Q und n, wenn $c = 1{,}5$ m; $G_1 = 500$ kg und $G_2 = 300$ kg gegeben sind?

58. Aufgabe. Das auszubalancierende Gestänge in Aufgabe 54 bestehe aus Quadrateisen von 25 mm Seitenlänge ($s = 7{,}8$). Wie groß muß das Gegengewicht Q_1 für 100 m Gestänge sein? ($a = 6$ m; $b = 1{,}5$ m; $c = 1{,}5$ m). Wie groß muß das Gegengewicht Q_2 bei einer Bohrlochteufe von 600 m sein? Wie ändert sich die Zahl n der Arbeiter mit zunehmender Teufe des Bohrloches, wenn das Schlaggewicht G_2 dasselbe bleibt?

59. Aufgabe. Fig. 11. Zwei horizontal liegende zweiarmige Hebel ABC und DEF sind durch eine vertikale Zugstange CD miteinander verbunden. Die Hebelarme sind $a = 1000$ mm; $b = 200$ mm; $c = 850$ mm; $d = 180$ mm. In A wirke eine Kraft $P = 12$ kg. Welcher in F wirkenden Last Q vermag P das Gleichgewicht zu halten?

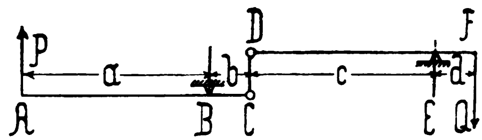


Fig. 11.

60. Aufgabe. Fig. 12. Eine Achse ist nach Fig. 12 belastet. Es ist $a = 300$ mm; $b = 500$ m; $c = 300$ mm; $d = 400$ mm. In X und Y sind die Mitten der beiden Lager der Achse. Die Lasten sind $Q_1 = 400$ kg, $Q_2 = 1300$ kg und $Q_3 = 700$ kg. Wie groß sind die Zapfendrucke X und Y?

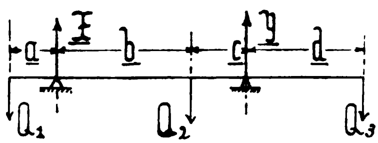


Fig. 12.

61. Aufgabe. Fig. 13. Die Entfernungen von 5 hintereinander liegenden Punkten eines Trägers seien $a = 400$ mm; $b = 600$ mm; $c = 300$ mm; $d = 500$ mm. Der Träger sei in X und Y gelagert, die Belastungen seien $Q_1 = 600$ kg; $Q_2 = 200$ kg; $Q_3 = 2000$ kg. Wie groß sind die Stützendrucke X und Y?

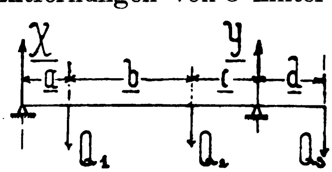


Fig. 13.

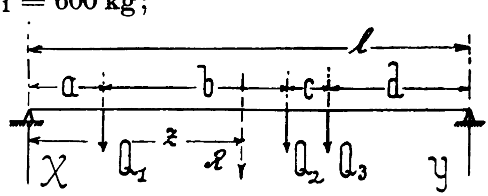


Fig. 14.

62. Aufgabe. Fig. 14. Eine zylindrische Welle, welche

an ihren Enden gelagert ist, hat von Mitte zu Mitte Lagerung eine Länge $l = 1640$ mm und ist in den Entfernungen

$$a = 300 \text{ mm mit } Q_1 = 1800 \text{ kg}$$
$$b = 580 \text{ mm mit } Q_2 = 720 \text{ kg}$$
$$\text{und } c = 100 \text{ mm mit } Q_3 = 1200 \text{ kg}$$

belastet. Wo liegt der Angriffspunkt der Resultante R, und wie groß sind die Drucke X und Y in den Zapfenlagern?

§ 3. Der Schwerpunkt.

63. Aufgabe. Fig. 15. Ein Träger von nebenstehendem Querschnitt hat die Flansch- und Stegdicken $w_1 = 32$ mm; $w_2 = 26$ mm und $w_3 = 22$ mm, die Flanschbreiten $b_1 = 250$ mm und $b_2 = 160$ mm und die Gesamthöhe $h = 330$ mm. Wo liegt der Schwerpunkt des Querschnittes?

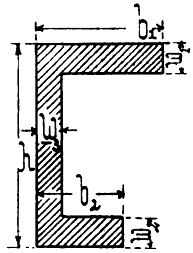


Fig. 15.

64. Aufgabe. Wo liegt der Schwerpunkt in Aufgabe 63, wenn der untere Flansch dieselbe Breite und Dicke hat, wie der obere Flansch?

65. Aufgabe. Fig. 16. Ein I förmiger Träger hat eine Höhe $h = 360$ mm, die Flanschbreiten $b_1 = 200$ mm und $b_2 = 140$ mm, die Flanschdicken $w_1 = 24$ mm und $w_2 = 18$ mm und eine Stegdicke $w_3 = 15$ mm. Wo liegt der Schwerpunkt des Querschnittes?

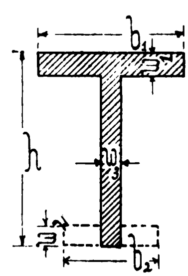


Fig. 16.

66. Aufgabe. Fig. 16. Ein T förmiger Träger hat eine Flansch- und Stegdicke $w_1 = w_3 = 12$ mm, eine Flanschbreite $b_1 = 96$ mm und eine gesamte Höhe $h = 144$ mm. Wo liegt der Schwerpunkt des Querschnittes?

67. Aufgabe. Fig. 17. Es soll die Lage des Schwerpunktes des gezeichneten Querschnittes (Trapez) bestimmt werden, wenn $a = 0{,}80$ m, $b = 1{,}25$ m und $h = 0{,}96$ m gegeben sind.

68. Aufgabe. Fig. 18. Es soll der Schwerpunkt der

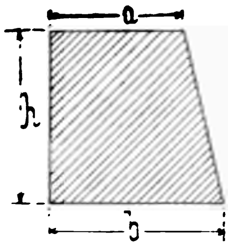


Fig. 17.

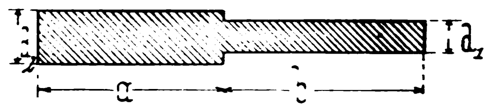


Fig. 18.

Figur 18 bestimmt werden, wenn für sie $a = 46$ mm; $b = 52$ mm; $d_1 = 6$ mm und $d_2 = 12$ mm gegeben sind.

§ 4. Guldinsche Regel.

69. Aufgabe. Fig. 19. Wie groß ist die Oberfläche eines Ringes mit quadratischem Querschnitt, wenn sein lichter Durchmesser $d = 500$ mm und die Seite seines Querschnittes $w = 50$ mm beträgt?

70. Aufgabe. Fig. 19. Wie schwer ist ein Ring von quadratischem Querschnitt, wenn der lichte Durchmesser $d = 400$ mm, die Seite des Querschnitts $w = 60$ mm und das spezifische Gewicht des Materials $s = 7{,}3$ beträgt?

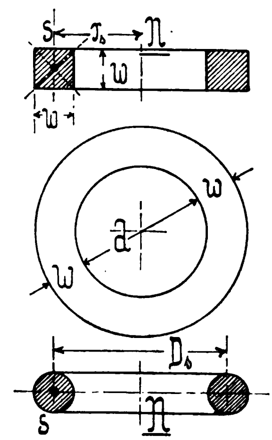


Fig. 19.

71. Aufgabe. Fig. 19. Wie groß ist die Oberfläche eines Ringes mit kreisförmigem Querschnitt, wenn der lichte Durchmesser $d = 600$ m und der Durchmesser des Querschnitts $w = 50$ mm beträgt?

72. Aufgabe. Fig. 19. Wie schwer ist ein Ring mit kreisförmigem Querschnitt, wenn der lichte Durchmesser $d = 600$ mm, der Durchmesser des Querschnitts $w = 76$ mm und das spezifische Gewicht des Materials $s = 7{,}3$ ist?

73. Aufgabe. Fig. 20. Ein um 90° gebogenes Knierohr von einer mittleren Länge $l = 1200$ mm hat einen äußeren Querschnitts-Durchmesser $d = 120$ mm, eine Wand-

stärke $w = 12$ mm und das spezifische Gewicht $s = 7{,}5$. Wie schwer ist das Rohr?

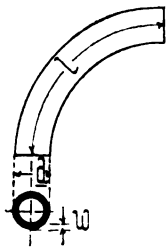


Fig. 20.

74. Aufgabe. Fig. 20. Wenn die Maße des Knierohrs $l = 134$ cm, $d = 30$ cm und $w = 9$ mm sind, und wenn 1 qm Ölanstrich 75 ₰ kostet, wie teuer ist dann der Anstrich der äußeren und inneren Oberfläche des Knierohres?

75. Aufgabe. Fig. 21. Ein Hohlring mit rechteckigem Querschnitt hat folgende Maße:

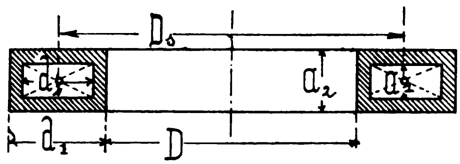


Fig. 21.

$D = 1200$ mm;
$d_1 = 500$ mm;
$d_2 = 360$ mm;
$a_1 = 140$ mm;
$a_2 = 280$ mm. Das spezifische Gewicht sei $s = 7{,}4$. Wie schwer ist der Ring?

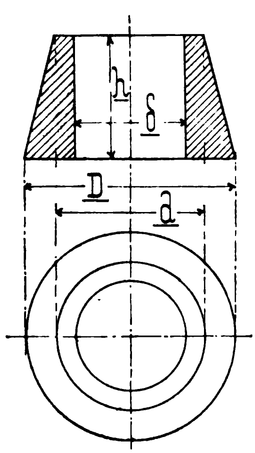


Fig. 22.

76. Aufgabe. Fig. 22. Ein abgestumpfter Kreiskegel mit zylindrischer Durchbohrung hat die Maße: $D = 42$ cm; $d = 34$ cm; $h = 27$ cm; $\delta = 28$ cm. Wie groß ist das Volumen des Körpers?

77. Aufgabe. Fig. 23. Ein Klärteich von der Form eines Rechtecks ($a = 18$ m; $b = 6$ m) mit an den kurzen Seiten des Rechtecks angesetzten Halbkreisen soll eine Erdumschüttung erhalten, die ein gleichschenkliges

Trapez ($c = 0{,}90$ m, $d = 2{,}20$ m und $h = 0{,}80$ m) zum Querschnitt hat. Wieviel cbm Erde sind dazu erforderlich? Wie tief wird der Klärteich, wenn die Erde zum Aufschütten nur durch Ausschachten des Teiches gewonnen werden soll?

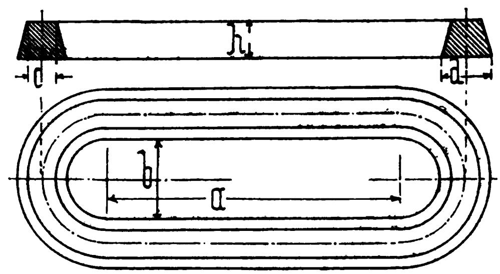


Fig. 23.

78. Aufgabe. Fig. 24. Eine runde Messingplatte hat den in der Figur angegebenen Querschnitt $D = 15$ cm; $d = 3{,}4$ cm. Wie groß ist ihr Gewicht, wenn das spezifische Gewicht des Messings $s = 8{,}3$ ist?

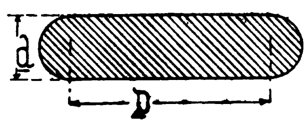


Fig. 24.

79. Aufgabe. Wie groß ist die Oberfläche der in der vorigen Aufgabe gegebenen Platte?

80. Aufgabe. Fig. 25. Wie schwer ist ein schmiedeeiserner Ring ($s = 7{,}6$) mit dem in der Figur angegebenen Querschnitt ($b = 3$ cm; $h = 2$ cm) und mit dem lichten Durchmesser $D = 29$ cm?

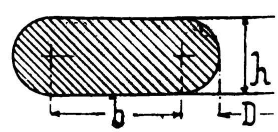


Fig. 25.

81. Aufgabe. Wie groß ist die Oberfläche des in der vorigen Aufgabe gegebenen Ringes?

§ 5. Die Reibung.

82. Aufgabe. Ein beladener Förderwagen von 1 Tonne Bruttogewicht soll auf horizontaler Schienenbahn vorwärts gestoßen werden. Welche Kraft ist dazu erforderlich, wenn der Koeffizient der Förderwagenreibung = 0,02 angenommen wird?

83. Aufgabe. Auf einer ebenen Straße soll ein Wagen von 6 Zentner Eigengewicht und mit 38 Zentner Ladung fortgezogen werden. Der Koeffizient der gesamten Reibung betrage 0,08. Welche Kraft ist dazu erforderlich?

84. Aufgabe. Zum Transport eines Wagens von 40 Zentner Bruttogewicht auf einer horizontalen Straße sind 2 Pferde nötig, die mit einer Kraft von je 60 kg ziehen. Wie groß ist der Reibungskoeffizient?

85. Aufgabe. Ein Güterwagen einer Schmalspurbahn hat das Eigengewicht $G_1 = 1{,}97$ Tonnen und ein Ladegewicht $G_2 = 8{,}6$ Tonnen. Der Reibungskoeffizient sei 0,002 in gerader Strecke und erhöhe sich in den Krümmungen um $100\,^0/_0$. Wie groß muß die Zugkraft sein?

86. Aufgabe. Ein eisernes Rad von $G = 10000$ kg Gewicht und einem Halbmesser $r = 5000$ mm ruht in Zapfen von $d = 260$ mm Durchmesser. Wie groß muß die am Umfange des Rades wirkende Kraft P sein, welche die Zapfenreibung überwindet? Der Reibungskoeffizient sei $f = 0{,}07$.

87. Aufgabe. Fig. 26. An einer $d = 250$ mm starken Trommel eines Haspels wirkt eine Last $Q = 400$ kg vertikal abwärts. Auf die Trommelwelle ist eine Bremsscheibe ($D = 1000$ mm) aufgekeilt, die durch eine Backenbremse gebremst wird. Mit welcher Kraft N muß die Bremsbacke auf die Bremsscheibe wirken, wenn der Reibungskoeffizient $f = 0{,}5$ ist? In welchem Verhältnis müssen die Arme des Bremshebels stehen, wenn ein Gewicht P von 10 kg die Bremsung soll bewirken können?

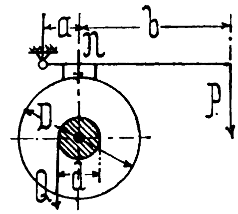


Fig. 26.

88. Aufgabe. Fig. 27. Es soll eine Last $Q = 3600$ kg an einer Seiltrommel $d = 500$ mm heruntergelassen werden. An der Trommel befinde sich eine Bremsscheibe $D = 2000$ mm, die zu 0,7 ihres Umfanges von einem stählernen Bremsbande umfaßt werde. Der Zug im auflaufenden Bremsbandtrum S_2 werde gleich dem 10fachen des Zuges im ablaufenden Trum S_1 angenommen. Die Bremse sei eine einfache Bandbremse mit den Hebelarmen $b = 40$ mm und $a = 800$ mm. Wie groß muß die bremsende Kraft P sein?

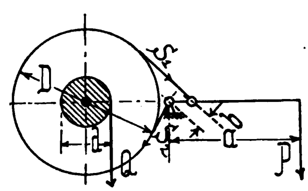


Fig. 27.

89. Aufgabe. Fig. 28. Wie groß muß in der vorigen Aufgabe die Kraft P sein, wenn eine Bandbremse für wechselnde Umlaufsrichtung der Bremsscheibe gegeben ist? Der Hebelarm jedes Bremsbandendes sei $b = 40$ mm; der Kraftarm $a = 800$ mm.

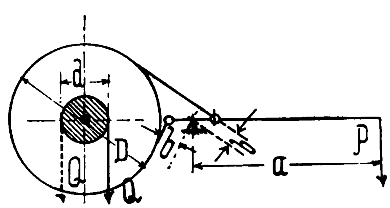


Fig. 28.

90. Aufgabe. Die beiden vorigen Aufgaben sind für den Fall zu lösen, daß die Last Q nicht, wie angenommen, rechtssinnig, sondern linkssinnig dreht.

91. Aufgabe. Fig. 29. Eine Last $Q = 7000$ kg wirkt an einem Seilkorb $d = 4500$ mm, der Durchmesser der Backen-Bremsscheibe sei $D = 5000$ mm; der Reibungskoeffizient $f = 0{,}4$. Wie groß muß der Bremsdruck N auf die Backe sein? Wie groß ist der Kettenzug Z am Ende

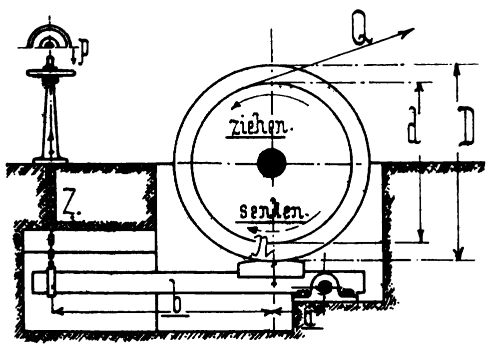


Fig. 29.

des Hebels, wenn dessen Maße sind $a = 350$ mm, $b = 4500$ mm? Wie groß muß die Steigung $\frac{h}{2 r \pi}$ der Antriebsschraube sein, wenn das Handrad eine Hebelübersetzung $1 : n = 1 : 12$ bietet, in der Schraube ein Reibungsverlust von $10\,^0/_0$ des Kettenzuges entsteht und ein Arbeiter am Handrad mit einer Kraft $P = 15$ kg den nötigen Kettenzug soll erzeugen können?

92. Aufgabe. Fig. 30. Der Schieber einer Auspuffmaschine habe eine Fläche $F = 0{,}03$ qm. Der Dampf-

druck p betrage 8 Atmosphären Überdruck. Der Schieber-

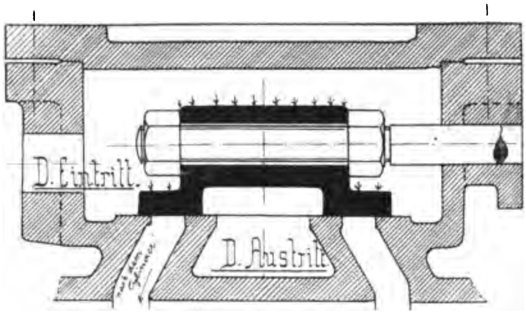


Fig. 30.

Reibungskoeffizient sei $f = 0{,}09$. Welche Kraft P muß

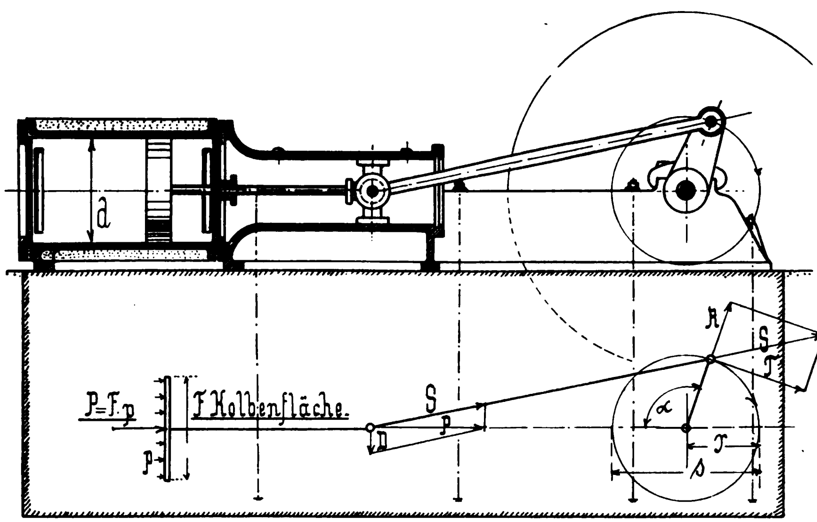


Fig. 31.

zur Bewegung des Schiebers auf diesen durch die Schieberstange übertragen werden?

93. Aufgabe. Wie ändert sich in der vorigen Aufgabe die Kraft, wenn die Maschine eine Kondensations-Maschine ist und mit 8 Atmosphären Überdruck arbeitet?

94. Aufgabe. Fig. 31 und 32. Es soll der Druck und die Reibung des Kreuzkopfes in der Führung berechnet

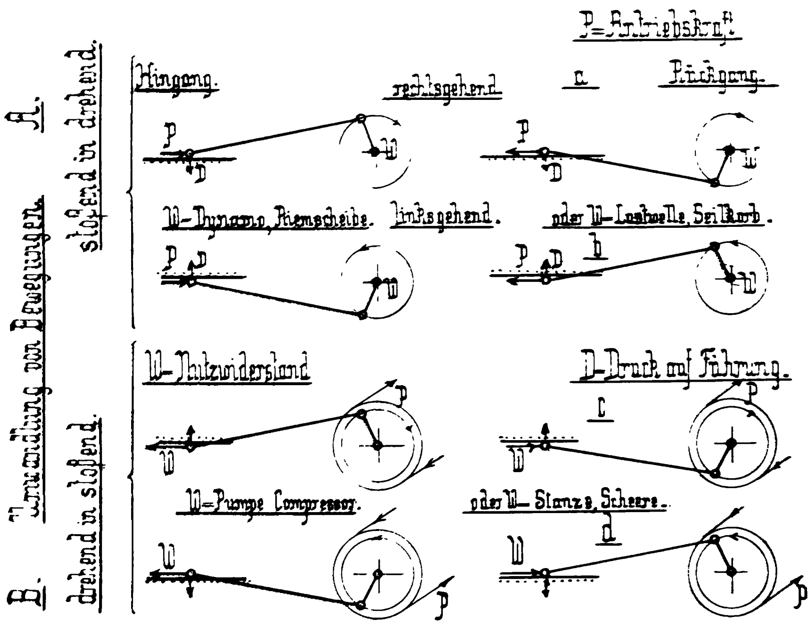


Fig. 32.

werden. — Der Zylinderquerschnitt sei $F = 0{,}5$ qm; der Dampfdruck $p = 10$ Atmosphären Überdruck. Die Maschine sei eine Auspuffmaschine und arbeite mit Volldruck. Der Reibungskoeffizient $f = 0{,}1$. Die Verhältnisse des Kurbelmechanismus sind durch die Zeichnung Fig. 31 gegeben. — Zunächst ist der Druck P auf den Kolben zu berechnen.

Dann ist die Größe und Richtung des Druckes D senkrecht zur Führung graphisch zu ermitteln, und zwar für die folgenden Drehwinkel α der Kurbel: 15^0, 45^0, 90^0, 135^0, 180^0, 255^0 und 315^0. Aus dem Drucke D ist endlich für jeden einzelnen Fall die Reibung zu berechnen. Der Kräftemaßstab sei 1 t = 50 mm.

§ 6. Gleichförmige Bewegung.

95. Aufgabe. Bei der Befahrung eines Schachtes fährt man mit 4 m Geschwindigkeit in der Sekunde 1 Minute 5 Sekunden lang. Bis zu welcher Teufe ist man gefahren?

96. Aufgabe. Ein Schacht von 480 m Teufe wird mit einer Geschwindigkeit von 7,5 m in der Sekunde durchfahren. Wieviel Zeit braucht man dazu?

97. Aufgabe. Bei einer Wasserhaltung soll das Wasser im Druckrohr höchstens eine Geschwindigkeit von 2 m in der Sekunde haben. Wie groß muß der Durchmesser d des Druckrohres gewählt werden, wenn in der Stunde 70 cbm Wasser gefördert werden sollen?

98. Aufgabe. Bei einem Wasserhebewerk werden in der Minute 2,5 cbm Wasser gefördert. Das Druckrohr hat einen lichten Durchmesser von 250 mm. Welche Geschwindigkeit hat das Wasser im Druckrohr?

99. Aufgabe. Bei einem Wasserhebewerk fließt das Wasser im Druckrohr mit 1,2 m Geschwindigkeit in der Sekunde. Der Druckrohrdurchmesser beträgt $d = 130$ mm. Welche Wassermenge wird in 12 Stunden gehoben?

100. Aufgabe. Ein Querschlag, in dem die Förderung in 8stündiger Schicht $n = 3600$ Wagen betragen soll, soll für maschinelle Streckenförderung eingerichtet werden. Die Geschwindigkeit der Förderung soll $c = 1,50$ m in der

Sekunde betragen. In welchen Abständen a müssen die Wagen an das Seil (oder die Kette) angeschlagen werden?

101. Aufgabe. In einem Querschlage mit maschineller Streckenförderung bewegen sich die Förderwagen mit einer Geschwindigkeit $c = 0{,}5$ m/sec in Abständen von je $a = 10$ m. Wieviel Wagen n werden in 8stündiger Schicht gefördert?

102. Aufgabe. In welcher Zeit (t Sekunden) werden in einer Strecke $n = 3000$ Wagen in Abständen von je $a = 10$ m gefördert, wenn die Fördergeschwindigkeit $e = 1{,}10$ m/sec beträgt?

103. Aufgabe. Mit welcher Geschwindigkeit c muß gefördert werden, wenn in einer 8stündigen Schicht bei $a = 12$ m Wagenabstand $n = 1600$ Wagen gefördert werden sollen?

104. Aufgabe. In welchen Zeitabständen müssen in den Aufgaben 100—103 die Wagen angeschlagen werden?

105. Aufgabe. Eine Riemenscheibe von $D = 1580$ mm Durchmesser macht $n = 80$ Umdrehungen in der Minute. Wie groß ist die Riemen-Geschwindigkeit?

106. Aufgabe. Welchen Durchmesser D muß eine Seilscheibe erhalten, wenn das Seil mit 9 m/sec Geschwindigkeit auf die Scheibe auflaufen und die Seilscheibe $n = 120$ Umdrehungen in der Minute machen soll?

107. Aufgabe. Auf eine Riemenscheibe von $D = 2800$ mm Durchmesser läuft ein Riemen mit $c = 12$ m Geschwindigkeit in der Sekunde auf. Wieviel Touren n macht die Riemenscheibe pro Minute?

108. Aufgabe. Eine zylindrische Seiltrommel von $D = 4{,}50$ m Durchmesser macht $n = 40$ Umdrehungen in der Minute. Wie groß ist die Geschwindigkeit des Förderseiles?

109. Aufgabe. Wie groß muß der Trommeldurchmesser D gewählt werden, wenn das Förderseil bei $n = 50$ Umdrehungen in der Minute mit $c = 15$ m/sec Geschwindigkeit getrieben werden soll?

110. Aufgabe. Wieviel Touren n muß die Trommel machen, wenn sie einen Durchmesser $D = 6{,}50$ m hat und mit $c = 12$ m/sec Geschwindigkeit gefördert werden soll?

111. Aufgabe. Ein $d = 18$ mm dickes Förderseil wickelt sich auf eine zylindrische Seiltrommel von $D = 5000$ mm Durchmesser mit einer Geschwindigkeit $c = 4$ m/sec auf. Wieviel Umdrehungen n macht die Trommel in der Minute? Wie breit muß mindestens die Seiltrommel sein, wenn der Förderschacht eine Tiefe von 380 m hat? In welcher Zeit wird das Seil aufgewickelt sein?

112. Aufgabe. Die Kurbel einer Dampfmaschine macht $n = 50$ Umdrehungen in der Minute und beschreibt einen Kreis von $D = 1150$ mm Durchmesser. Wie groß ist die mittlere Kolbengeschwindigkeit?

113. Aufgabe. Wie groß muß der Kolbenhub s gewählt werden, wenn die Kurbel bei einer mittleren Kolbengeschwindigkeit $c = 1,2$ m/sec $n = 40$ Umdrehungen in der Minute machen soll?

114. Aufgabe. Die mittlere Kolbengeschwindigkeit betrage $c = 2,4$ m/sec, der Kolbenhub $s = 1,85$ m; wieviel Umdrehungen n macht die Kurbel in der Minute?

115. Aufgabe. Eine Pumpe besitzt einen Kolbenhub $s = 300$ mm. Sie macht $n = 36$ Doppelhübe in der Minute. Wie groß ist die mittlere Kolbengeschwindigkeit?

116. Aufgabe. Die Kurbel einer Dampfmaschine hat eine Länge $r = 480$ mm. Der Kolben bewegt sich mit einer mittleren Geschwindigkeit $c = 3,20$ m/sec. Wieviel Umdrehungen n macht die Kurbel in der Minute?

117. Aufgabe. Eine Pumpe mit einem Kolbenhub $s = 300$ mm hat eine mittlere Kolbengeschwindigkeit $c = 400$ mm/sec. Wieviel Doppelhübe n macht sie in der Minute?

118. Aufgabe. Eine Pumpe macht $n = 50$ Doppelhübe in der Minute und läuft mit einer mittleren Kolbengeschwindigkeit $c = 340$ mm/sec. Welchen Kolbenhub s hat die Pumpe?

119. Aufgabe. Fig. 33. Ein kleiner Ventilator wird durch einen Riemen angetrieben. Die treibende Riemenscheibe hat $D = 1600$ mm, die getriebene $d = 150$ mm

Durchmesser. Die erstere macht $n_1 = 120$ Umdrehungen in der Minute. Wieviel Touren n_2 macht der Ventilator?

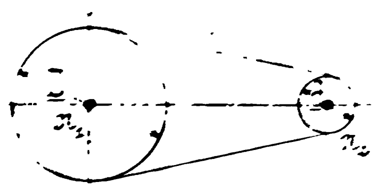


Fig. 33.

120. Aufgabe. Eine Dampfmaschine macht $n_1 = 40$ Touren. Durch Riemen soll sie eine Welle antreiben, welche $n_2 = 600$ Touren macht. Wie ist das Verhältnis der Riemenscheiben-Durchmesser zu wählen? Empfiehlt es sich, ein Vorgelege einzuschalten?

121. Aufgabe. Fig. 34. Die Welle einer Dynamomaschine wird durch 2 Riemen von einer Antriebsmaschine aus bewegt. Die Maße der Durchmesser sind von der Antriebsmaschine ausgehend die folgenden:

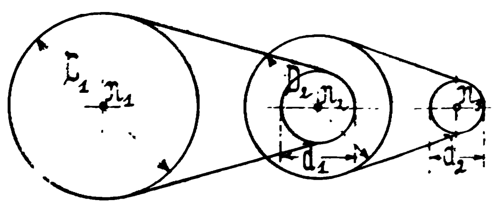


Fig. 34.

$$D_1 = 3000 \text{ mm}; \; d_1 = 1000 \text{ mm};$$
$$D_2 = 1750 \text{ mm}; \; d_2 = 700 \text{ mm}.$$

Die Tourenzahl n_1 der Antriebsmaschine ist 90. Wie groß ist die Tourenzahl n_3 der Dynamomaschine?

122. Aufgabe. Fig. 35. Ein zum Betriebe einer Mühle dienendes Wasserrad macht $n_1 = 9$ Umdrehungen in der Minute. Seine Welle trägt ein Zahnrad E mit $Z_1 = 140$ Zähnen; das eingreifende Trieb F hat $Z_2 = 40$ Zähne. Auf

der Welle des Triebs sitzt ein Kegelrad *G* mit $Z_3 = 120$ Zähnen, und in dieses greift ein zweites Trieb *H* mit $Z_4 = 36$ Zähnen ein. Wieviel Umdrehungen n_3 macht die mit dem letzteren Triebe verbundene Welle?

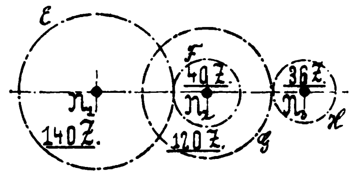


Fig. 35.

123. Aufgabe. Fig. 36. Von dem Schwungrade (Durchmesser $D_1 = 2500$ mm) einer alten vorhandenen langsam

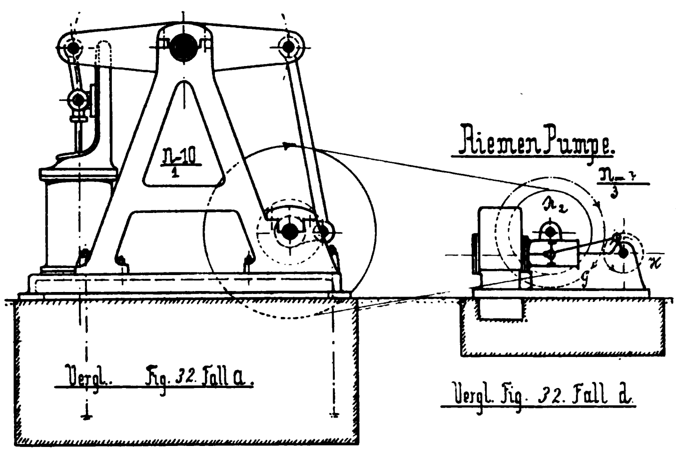


Fig. 36.

laufenden Balancier - Betriebsmaschine ($n_1 = 10$ in der Minute) soll eine neuere, schnell laufende Pumpe durch Riemen- und Zahnrad-Vorgelege angetrieben werden. Die angetriebene Riemenscheibe auf der Vorgelegewelle habe einen Durchmesser $d_1 = 500$ mm. Auf derselben Achse sitzt ein Zahnrad *G* mit $D_2 = 1200$ mm Durchmesser, eingreifend in das Trieb *H* der Pumpenwelle, welches $d_2 = 400$ mm Durchmesser hat. Die Kurbel der Pumpe habe $\frac{s}{2} = 150$ mm Länge. Wieviel Doppelhübe n_3 macht

die Pumpe in der Minute? — Wieviel Wasser Q hebt sie in der Minute, wenn ihr Scheibenkolben einen Durchmesser $d = 200$ mm hat?

124. Aufgabe. Fig. 37. Von der Riemenscheibe (Durchmesser $d_1 = 450$ mm) einer rasch laufenden Auspuff-Betriebsmaschine ($n_1 = 160$ in der Minute) wird eine Fabrik-Transmission 1 (Durchmesser der Scheibe $d_2 = 950$ mm) angetrieben. Die Maschine soll nachträglich mit Kondensation versehen

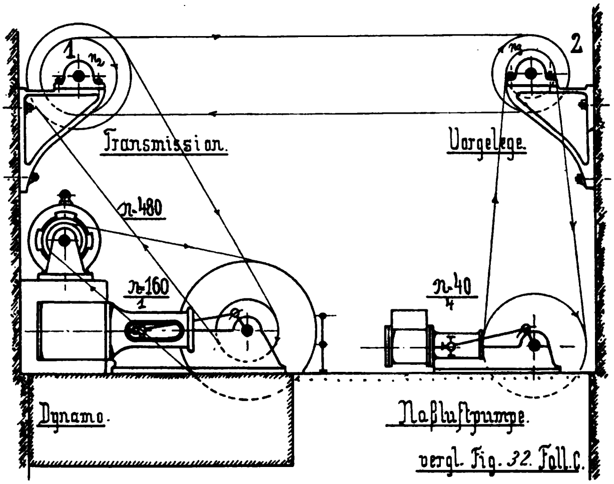


Fig. 37.

werden, um Kraft für eine vom Schwungrade ($D = 2000$ mm) anzutreibende Licht-Dynamo ($n = 480$) zu erhalten. Wie groß muß die Riemenscheibe d der Licht-Dynamo sein? Würde es vorteilhafter sein, die Licht-Dynamo von der Transmissionswelle 1 aus anzutreiben? Die Kondensator-Luftpumpe ($n_4 = 40$, Riemenscheiben-Durchmesser $d_6 = 800$ mm) kommt an die gegenüber liegende Wand zu stehen und wird von einer besonderen Vorgelege-Welle 2 aus durch Riemen angetrieben. 2 wird von 1 aus durch gleiche Riemenscheiben ($d_3 = d_4$) bewegt. Wie groß muß die Antriebsscheibe d_5 auf Vorgelege-Welle 2 sein?

§ 7. Beschleunigung.

125. Aufgabe. Wie tief ist ein Schacht, wenn ein Stein ihn in 9 Sekunden durchfällt?

126. Aufgabe. In wieviel Sekunden durchfällt ein Stein einen Schacht von 600 m Tiefe?

127. Aufgabe. Welche Tiefe hat ein Schacht, wenn das Aufschlagen eines saigerrecht hinabfallenden Steines nach 9 Sekunden gehört wird? Die Schallgeschwindigkeit soll gleich 333 m in der Sekunde angenommen werden.

128. Aufgabe. Es soll mit einer Fallbremse ein Versuch angestellt werden. Wie lange und welche Strecke muß man die mit der Bremsvorrichtung versehene Förderschale frei fallen lassen, bis die übliche Fahrgeschwindigkeit von 5 m/sec erreicht wird?

129. Aufgabe. Eine Schienenkurve hat 200 m Halbmesser. Die größte Geschwindigkeit eines Eisenbahnzuges sei 15 m/sec. Um wieviel muß die äußere Schiene gegen die innere überhöht werden, wenn die Schienenspurweite 1,20 m beträgt?

130. Aufgabe. Ein Wagen mit 1,20 m Spurweite bewegt sich in einer Krümmung ohne Überhöhung der Außenschiene von 31 m Radius mit 14 m/sec Geschwindigkeit. Bei welcher Höhenlage h des Schwerpunktes des Wagens

über Schienen-Oberkante ist dieser auf dem Punkte umzufallen?

131. Aufgabe. Bei Grubenbahnen legt man in den Kurven die äußere Schiene höchstens um 0,1 der Geleisweite höher als die innere Schiene und nimmt den Kurven-Halbmesser mindestens gleich 40 m. Für welchen Maximalwert der Fördergeschwindigkeit sind diese Werte berechnet?

§ 8. Der Haspel.

132. Aufgabe. Fig. 38. Auf einer Welle sitzen eine Riemenscheibe von $D = 1600$ mm Durchmesser und eine Kurbel von $r = 400$ mm Länge. Die Riemenspannung ist im ziehenden Trum $S_1 = 250$ kg, im gezogenen Trum $S_2 = 125$ kg. Welche Größe muß eine an der Kurbel tangential wirkende Kraft P haben, welche den Riemenspannungen das Gleichgewicht hält?

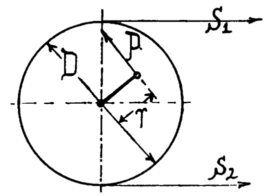


Fig. 38.

133. Aufgabe. Fig. 39. An einem einfachen Hornhaspel arbeiten an jeder Kurbel ($R = 40$ cm) zwei Frauen mit je $p = 10$ kg ($P = 4p$). Der Durchmesser des Wellenbaumes sei $d = 20$ cm. Welche Last Q kann von den Arbeiterinnen gehoben werden? Welches ist das Übersetzungsverhältnis $1 : n$? 1) ohne Berücksichtigung der Reibung; 2) mit Berücksichtigung der Reibung und einem Gütegrade $\eta = 0{,}85$.

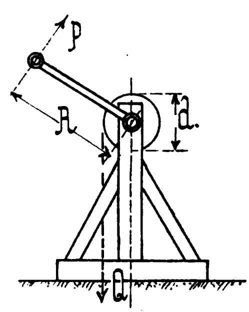


Fig. 39.

134. Aufgabe. An einem einfachen Haspel hebt ein Arbeiter mit einer Kraft $P = 10$ kg eine Last $Q = 50$ kg. Welches ist das Übersetzungsverhältnis? Wie groß ist der Wellendurchmesser d, wenn der Kurbelradius $R = 40$ cm ist?

135. Aufgabe. Fig. 40. Bei einem Ziehbrunnen sei die Kettenlänge bei herabgelassenem Wassereimer $l = 10$ m. Das

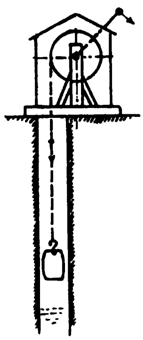


Fig. 40.

Gewicht der Kette sei 0,5 kg auf 1 m Länge. Das Gewicht des Wassereimers sei $G_1 = 5$ kg. Er fasse $V = 50$ Liter. Der Kurbelradius sei $R = 40$ cm; der Durchmesser des Wellenbaumes $d = 20$ cm; der Wirkungsgrad $\eta = 0,9$. Kann der volle Eimer von einer Frau heraufgewunden werden?

136. Aufgabe. Fig. 41. An einem Spillenrade von $D = 3000$ mm Durchmesser wirkt ein Arbeiter mit einer Kraft $P = 80$ kg. Wie groß ist der Zug Q im Lastseil, das von der Welle des Spillenrades aufgewickelt wird, wenn der Durchmesser der Welle $d = 300$ mm beträgt? Welches ist das Übersetzungsverhältnis $1 : n$? Welches sind die entsprechenden Werte, wenn die Reibung berücksichtigt wird und der Gütegrad $\eta = 0,9$ ist?

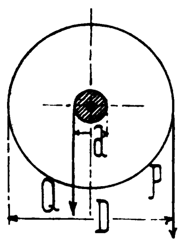


Fig. 41.

137. Aufgabe. Ein Bohrgestänge von $Q = 300$ kg Gewicht soll mit Hilfe eines Spillenrades ($D = 2500$ mm) hoch gezogen werden, dessen Welle den Durchmesser $d = 200$ mm hat. Welche Kraft P muß auf den Umfang des Spillenrades einwirken? Welches ist das Übersetzungsverhältnis $1 : n$? Welches sind die entsprechenden Werte für P und $1 : n$, wenn die Reibung in den Zapfen und die Seilsteifigkeit berücksichtigt werden und der Gütegrad $\eta = 0,95$ ist?

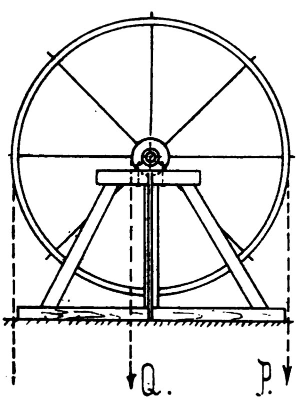


Fig. 42.

138. Aufgabe. Fig. 42. Bei einer Hamburger Hafen-Haspelwinde ist der Trommeldurchmesser $d = 240$ mm, der Durchmesser der vorhandenen 2 Haspelräder $D = 2250$ mm, die an jedem Haspelrad wirkende Kraft $p = 15$ kg und der Wirkungsgrad $\eta = 0{,}875$. Welche Last Q kann mit der Haspelwinde gehoben werden?

139. Aufgabe. Fig. 43. An einem Haspel mit einfachem Vorgelege wirken 2 Arbeiter mit je $p = 10$ kg $(P = 2p)$ an einer Kurbel von $R_1 = 40$ cm Länge. Die Zahnräder des Vorgeleges haben die Durchmesser $d_1 = 200$ mm und $D_2 = 800$ mm und die Welle den Durchmesser $d_2 = 300$ mm. Welche Last Q kann mit dem Haspel gehoben werden, wenn auf Reibungshindernisse 20 % der Zugkraft verloren gehen? Welches ist das Übersetzungsverhältnis $1 : n$?

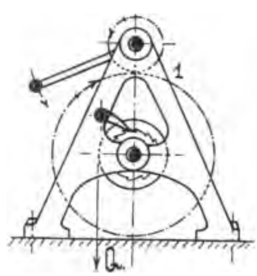


Fig. 43.

140. Aufgabe. Fig. 43. An einem Haspel mit einfachem Vorgelege soll mit $P = 20$ kg Kraft $Q = 400$ kg Last gehoben werden. Welches ist das Übersetzungsverhältnis $1 : n$? Welches ist das Verhältnis der Durchmesser $d_1 : D_2$ der Zahnräder des Vorgeleges, wenn der Kurbelradius $R_1 = 400$ mm und der Trommeldurchmesser $d_2 = 200$ mm betragen soll?

141. Aufgabe. Fig. 44. Ein von einem Elektromotor durch Riemen angetriebener Haspel mit einfachem Vorgelege hat eine Riemenscheibe von $D_1 = 1900$ mm, im Vorgelege die Zahnrad-Durchmesser $d_1 = 430$ mm und $D_2 = 990$ mm und einen Wellendurchmesser $d_2 = 340$ mm. Wie groß ist das Übersetzungsverhältnis $1 : n$? Wie groß

ist der Zug Q im Seile, wenn der Riemen auf der Scheibe D_1 eine Umfangskraft $P = 50$ kg überträgt?

142. Aufgabe. Fig. 44. Der Haspel der vorigen Aufgabe habe folgende Abmessungen: $D_1 = 1900$ mm; $d_1 = 230$ mm; $D_2 = 1120$ mm; $d_2 = 340$ mm. Wie groß ist $1 : n$? Wie groß ist die Umfangskraft P, wenn $Q = 5400$ kg beträgt?

143. Aufgabe. Fig. 44. Ein von einem Elektromotor (Tourenzahl $n_1 = 600$ in der Minute) angetriebener Haspel

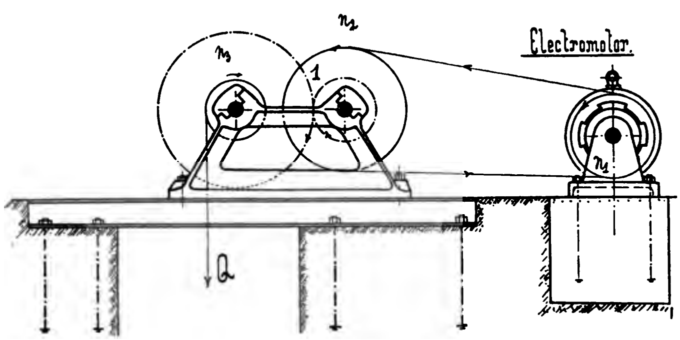
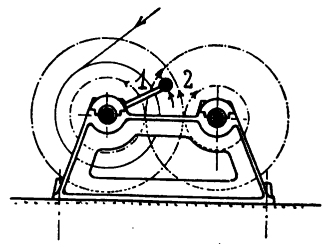


Fig. 44.

mit einfachem Vorgelege hat folgende Abmessungen: $D_1 = 1000$ mm; $d_1 = 200$ mm; $D_2 = 1200$ mm; $d_2 = 400$ mm. Die Kettentrommel soll $n_3 = 20$ Umdrehungen in der Minute machen. Wie groß muß der Durchmesser d der Riemscheibe der Antriebsmaschine sein? Wie groß ist das Übersetzungsverhältnis $1 : n$?

144. Aufgabe. Fig. 45. Ein Haspel mit doppeltem Vorgelege hat folgende Abmessungen: Kurbelradius $R_1 = 380$ mm; erstes Vorgelege: $r_1 = 50$ mm und $R_2 = 150$ mm; zweites Vorgelege: $r_2 = 90$ mm und $R_3 = 450$ mm; Wellenradius

$r_3 = 140$ mm. Welches ist das Übersetzungsverhältnis $1:n$? Welche Last Q kann mit einer Kraft $P = 20$ kg gehoben werden? — Wie ändern sich die Werte, wenn infolge der Reibungswiderstände mit einem Kraftverlust von 20 % gerechnet werden muß?



145. Aufgabe. Mit einer an 2 Kurbeln wirkenden Kraft $P = 35$ kg soll eine Last $Q = 1000$ kg vermittels einer Räderwinde gehoben werden. Die Drahtseildicke sei $\delta = 10$ mm; der Trommeldurchmesser $d_n = 600$ mm und der Radius der Kurbel $R_1 = 420$ mm. Wieviel Vorgelege sind einzuschalten, wenn mit einem Vorgelege die Übersetzung 1 : 5 nicht überschritten werden soll? (Von Reibung ist abzusehen.)

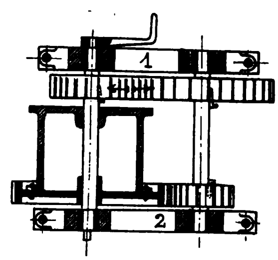


Fig. 45.

146. Aufgabe. Fig. 46. Ein Kran hat 2 Vorgelege. Es arbeiten an ihm 2 Arbeiter mit je $p = 15$ kg ($P = 2p$) an einer Kurbel $R_1 = 400$ mm. Erstes Vorgelege: $r_1 = 80$ mm und $R_2 = 300$ mm; zweites Vorgelege: $r_2 = 120$ mm und $R_3 = 600$ mm. Die zu hebende Last $Q = 3000$ kg hängt an einer losen Rolle. Wie groß sind die Zahndrucke X und Y zwischen den Rädern der einzelnen Vorgelege? Wie groß muß der Halbmesser r_3 der Kettentrommel sein? Welches ist das Übersetzungsverhältnis $1:n$ des Kranes?

147. Aufgabe. Wie groß ist unter Berücksichtigung der Reibungshindernisse bei dem Kran der vorigen Aufgabe der Wirkungsgrad η, wenn jedes der beiden Vorgelege einen Wirkungsgrad $\eta_1 = 0{,}95$, die Trommel und die

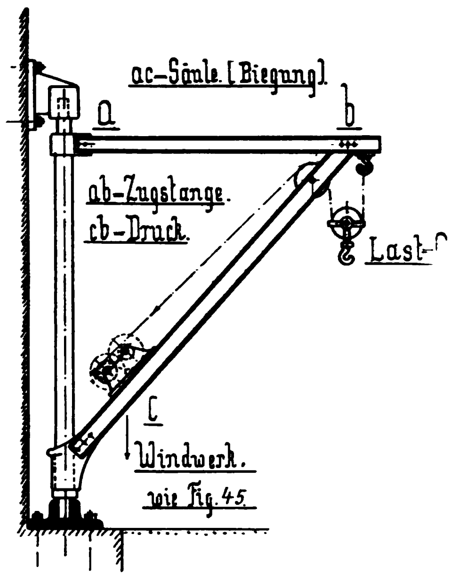


Fig. 46.

Rollen einen solchen von je $\eta_2 = 0{,}93$ besitzen? Wie ändert sich danach der Halbmesser der Kettentrommel?

148. Aufgabe. Fig. 47. Wie groß sind die Zug- und Druckkräfte in den Stangen *ab* und *bc*, wenn sich die Länge *ab* der Zugstange zur Länge *ac* der Säule wie 7 : 8 verhält? Die Aufgabe ist graphisch und rechnerisch zu lösen. Von dem Eigengewicht der einzelnen Teile des Kranes soll abgesehen werden.

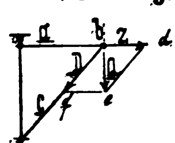


Fig. 47.

149. Aufgabe. Fig. 48. Ein Grubenkabel diene zum Senken und Ziehen einer Last $Q = 7000$ kg. Es sei der Trommeldurchmesser $d_4 = 500$ mm, der Kurbelradius $R_1 = 400$ mm und die Maße der drei Zahnrad-Vorgelege:

1. Vorgelege $d_1 = 150$ mm und $D_2 = 900$ mm,
2. „ „ $d_2 = 200$ mm „ $D_3 = 1200$ mm,
3. „ „ $d_3 = 240$ mm „ $D_4 = 1200$ mm.

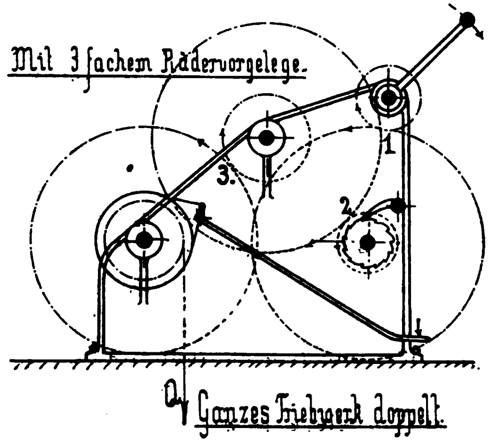


Fig. 48.

Wie groß ist das Übersetzungsverhältnis $1:n$ des Grubenkabels? Wie groß ist die Kraft P?

150. Aufgabe. Wie lauten die Antworten auf die Fragen der vorigen Aufgabe, wenn die Reibungswiderstände berücksichtigt werden und der Wirkungsgrad eines jeden Vorgeleges $\eta_1 = 0{,}91$ und der für die Seiltrommel $\eta_2 = 0{,}97$ angenommen wird? Können 2 Arbeiter die Winde mit Sicherheit bedienen?

151. Aufgabe. Fig. 49. Die Räderwinde der Laufkatze eines Krans soll eine Tragfähigkeit von $Q = 20000$ kg

haben. Es sind zunächst die Spannungen S_1, S_2, S_3 und S_4 in den Kettenteilen zu ermitteln, wobei der Wirkungsgrad der losen Rollen $\eta_1 = 0{,}98$ und der der festen Rollen $\eta_2 = 0{,}96$ angenommen werden soll. Aus der Spannung S_4 ist dann die Stärke der Kettenglieder zu bestimmen. (Zugspannung: = 750 kg auf 1 qcm Querschnitt.) Der Kettentrommel ist dann die 20fache Stärke des Ketteneisens als Durchmesser zu geben. — Die Räder der 3 Vorgelege sollen die Zähnezahlen $Z_1 = 12$; $Z_2 = 51$; $Z_3 = 13$; $Z_4 = 58$; $Z_5 = 14$ und $Z_6 = 88$ und die Kurbel den Radius $R = 400$ mm erhalten. Der Wirkungsgrad der Seiltrommel sei $\eta_3 = 0{,}97$, derjenige der 3 Vorgelege je $\eta_4 = 0{,}91$. Wie groß ist die Kraft P, welche an der Kurbel wirken muß?

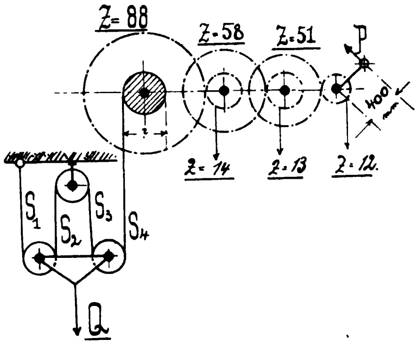


Fig. 49.

152. Aufgabe. Fig. 50. Welche Last Q vermag ein Arbeiter mit einer Kraft $P = 15$ kg vermittelst einer Wagenwinde zu heben, wenn der Kurbelradius $R = 350$ mm und der Radius des in die Zahnstange eingreifenden Triebes $r = 50$ mm beträgt? Welches ist das Übersetzungsverhältnis $1 : n$? Wie ändern sich die entsprechenden Werte, wenn auf Überwindung der Reibung 5% der Kraft verloren gehen?

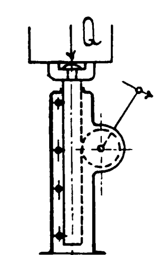


Fig. 50.

153. Aufgabe. Fig. 51. Bei einer Schraubenwinde

ist die Steigung $\tan \alpha = \frac{h}{2 r \pi} = \frac{1}{12{,}5}$. Der Hebelarm der Kraft ist $R = 1000$ mm; der mittlere Durchmesser des Schraubenbolzens $d = 60$ mm; der Reibungskoeffizient der Druckfläche $f = 0{,}1$. Welches ist das Übersetzungsverhältnis $1 : n$? Wie groß ist der Wirkungsgrad η? Welche Last Q vermag ein Arbeiter mit einer Kraft $P = 15$ kg zu heben?

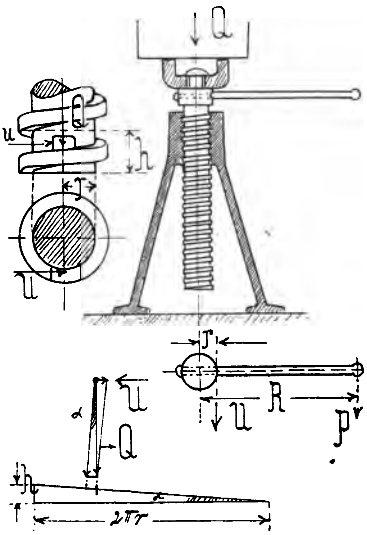


Fig. 51.

§ 9. Die schiefe Ebene.

154. Aufgabe. Auf einer Chaussee, die im Verhältnis 1 : 50 steigt, soll ein Wagen von $Q = 1200$ kg Gewicht aufwärts befördert werden. Welche Kraft P_1 gehört dazu, wenn der Reibungskoeffizient $f = 0{,}125$ ist? Wie groß muß die Kraft P_2 sein, welche den Wagen abwärts zieht?

155. Aufgabe. Bei welchem Neigungswinkel α würde das selbsttätige Abrollen des Wagens der vorigen Aufgabe stattfinden?

156. Aufgabe. Auf einem Bremsberg mit 15° Neigung geht ein beladener Förderwagen vom Bruttogewicht $Q = 1000$ kg abwärts. Welchen Zug P übt er auf das Förderseil aus, wenn die Förderwagenreibung $f = 0{,}02$ gesetzt wird?

157. Aufgabe. Aus einem unter 30° gegen den Horizont geneigten Schachte sei mittelst Gestellwagens und Förderwagens von zusammen $G = 500$ kg Gewicht eine Last $Q = 625$ kg aufzuziehen. Wie groß ist der Zug P_1 am unteren Ende des Seiles? Wie groß ist der Zug P_2 am oberen Seilende am Anfange der Förderung, wenn der Schacht die Länge $l = 400$ m hat und das laufende Meter Seil $g = 1{,}21$ kg wiegt?

158. Aufgabe. Wie ändern sich in der vorigen Aufgabe die entsprechenden Werte, wenn die Förderwagen-Reibung $f_1 = 0{,}02$ und die Reibung des Förderseiles auf

der Schachtsohle und den Leitrollen gleich 0,2 gesetzt wird?

159. Aufgabe. Auf einem zweitrümigen Bremsberge mit 20° Neigung wiegt der herabgehende beladene Förderwagen $G_1 = 1000$ kg, der heraufgehende leere Förderwagen $G_2 = 375$ kg. Wie groß ist die am Umfange der Seiltrommel wirkende Kraft, welche abgebremst werden muß? Förderwagenreibung $f_1 = 0{,}02$. Bremsberglänge $l = 60$ m. Seilgewicht für das laufende Meter $g = 1{,}2$ kg. Seilreibung $f_2 = 0{,}2$. Die zu bremsende Kraft ist für den Anfang und für das Ende des Treibens zu berechnen.

160. Aufgabe. Bei einem zum Heben von Steinkohlen zu verwendenden Becherwerk, dessen Eisenband unter 60° gegen die Horizontale aufwärts geht, wird von der Antriebsmaschine ein Zug $P = 4000$ kg auf das Eisenband übertragen. Wie viel kg Steinkohlen vermag das Becherwerk zur Förderung auf einmal aufzunehmen? Reibungskoeffizient $f = 0{,}2$.

161. Aufgabe. Der Reibungskoeffizient einer Normalspurbahn sei $f = 0{,}002$ auf gerader Strecke. Auf das Wievielfache muß sich die Zugkraft der Lokomotive steigern lassen, wenn sie auch auf Strecken mit der Steigung 1 : 200 soll fahren können?

162. Aufgabe. Fig. 52. Ein Brückenscheitel liegt $H = 5{,}6$ m über Straßenniveau. Die Niveaudifferenz soll durch Anrampung von solcher Steigung ausgeglichen werden, daß die Zugtiere bei Befahrung der Rampe nicht mehr als das Doppelte der Zugkraft auf ebener Straße zu leisten haben. Unter welchem Winkel α ist die Anrampung vorzunehmen

und wie groß ist die Länge B der Rampe? Reibungskoeffizient $f = 0{,}052$.

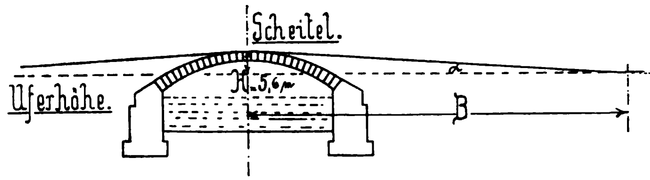


Fig. 52.

163. Aufgabe. Fig. 53. Bei einer Keilpresse zum Absprengen unterschrämter Kohlenblöcke sei der Keilwinkel $2\alpha = 8^0$. Die Keilbacken b sind gegen den Preßzylinder C abgestützt, so daß sie sich nur gegen die Lochstöße mit einer Kraft Q verschieben können. Wie groß ist diese

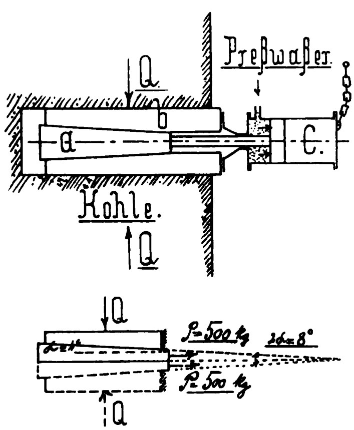


Fig. 53.

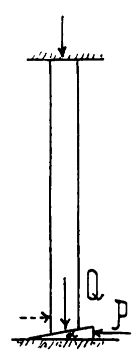


Fig. 54.

Kraft Q für je 1 Tonne Zugkraft des Keiles (hervorgerufen durch Einlassen von Druckwasser in den Preßzylinder C)? Der Reibungskoeffizient für die Reibung zwischen Keil und Backen sei $f = 0{,}1$.

164. Aufgabe. Fig. 54. Eine Spannsäule soll gegen Sohle und First mit Hilfe eines eisernen Keiles α fest angedrückt werden. Unter welcher Grenze muß der Keilwinkel α gehalten werden, damit der Spannungsrückdruck Q den Keil bezw. die Säule nicht wieder zurückschieben kann? Für die Reibung zwischen Keil und Spannsäule sei der Koeffizient $f_1 = 0{,}2$, — für Keil und Sohle $f_2 = 0{,}3$. Welcher Anpressungsdruck Q kann pro kg des Druckes P erzielt werden, wenn $\alpha = 3^0$ gesetzt wird?

165. Aufgabe. Fig. 55. Die Bewegungsschraube kann als eine um einen zylindrischen Bolzen aufgewickelte schiefe Ebene aufgefaßt werden.

1. Wie ist die Antriebskraft P gerichtet, und wie groß ist die auf den Bolzen-Umfang reduzierte Kraft U? — 2. Welche Beziehung besteht zwischen dem Steigungswinkel α bezw. der Steigung tang α und den Abmessungen des Schraubenganges? — 3. Welche Gleichung besteht zwischen P bezw. U und der Last Q, wenn der Reibungskoeffizient der Gleitflächen f ist? — 4. Welches ist das Übersetzungsverhältnis und der Wirkungsgrad der Schraube? — 5. Wie groß ist der Rücktrieb der Last, gemessen am Umfange des Schraubenbolzens und am Ende des Angriffshebels? — 6. Unter welcher Bedingung ist dieser Rücktrieb gleich oder kleiner als Null, findet also kein selbsttätiger Lastniedergang statt? — 7. Zahlenbeispiel:

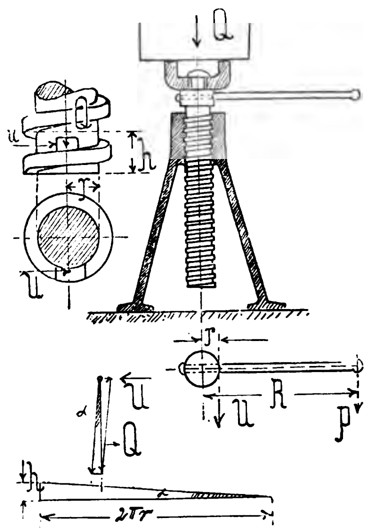


Fig. 55.

Es sei $R : r = 20 : 1$; $Q = 1$ Tonne; $f = 0{,}1$ und $\alpha = 4^0$. Wie groß sind U, P, $\frac{U}{Q}$, $\frac{P}{Q}$, η? Findet Selbsthemmung statt?

166. Aufgabe. (siehe Aufgabe 165.) Es sei

$R : r = 20 : 1$; $P = 15$ kg; $f = 0{,}06$; $\alpha = 3^0$.

Wie groß sind U, Q, $\frac{U}{Q}$, $\frac{P}{Q}$ und η? Findet Selbsthemmung statt?

167. Aufgabe. (siehe Aufgabe 165.) Es sei

$Q = 1000$ kg; $P = 10$ kg; $f = 0{,}07$; $\alpha = 4^0$.

Wie groß sind $R : r$; U, $\frac{U}{Q}$, $\frac{P}{Q}$ und η?

168. Aufgabe. (siehe Aufgabe 165.) Es sei

$R : r = 20 : 1$; $P = 8$ kg; $Q = 1000$ kg; $f = 0{,}08$.

Wie groß ist α, U, $\frac{U}{Q}$, $\frac{P}{Q}$ und η? Findet Selbsthemmung statt?

§ 10. Lieferungsmenge von Kolbenmaschinen.

169. Aufgabe. Eine einfach wirkende Pumpe hat einen Kolbendurchmesser $d = 250$ mm, einen Hub $s = 500$ mm, und macht 24 Umdrehungen in der Minute. Ihr Lieferungsgrad sei $\varphi = 0{,}9$ angenommen. Welches wäre darnach ihre minutliche Lieferung Q?

170. Aufgabe. Die Pumpe der 169. Aufgabe wurde bei $n_1 = 20$ Touren einer Untersuchung unterworfen und ihre Liefermenge mit $Q_1 = 420$ Liter in der Minute gemessen. Welches ist also ihr wirklicher Lieferungsgrad φ_1? Welche Tourenzahl n_2 muß die Pumpe machen, wenn sie die in der vorigen Aufgabe berechnete Wassermenge $Q_2 = 530$ Liter wirklich liefern soll?

171. Aufgabe. Eine doppelt wirkende Pumpe hat einen Kolbendurchmesser $d = 300$ mm, einen Hub $s = 600$ mm, und liefert bei $n = 12$ Touren in der Minute eine Wassermenge $Q = 815$ Liter. Welches ist ihr Lieferungsgrad φ?

172. Aufgabe. Eine alte langsam laufende Dampfpumpe mit Scheibenkolben hat folgende Abmessungen: Kolbendurchmesser $d = 100$ cm, Hub $s = 200$ cm, $n = 10$ Touren in der Minute und Lieferungsgrad $\varphi = 0{,}8$. Sie soll wegen des hohen Dampfverbrauchs der alten Maschine durch eine neuere schnell laufende Dampfpumpe ($n_1 = 100$) mit Tauchkolben ersetzt werden, deren Lieferungsgrad mit $\varphi_1 = 0{,}9$ angenommen werden kann. Welches sind die Abmessungen der neuen Pumpe (s_1 und d_1), wenn deren Kolbenhub s_1

gleich dem doppelten Kolbendurchmesser d_1 (also $s_1 = 2d_1$) gemacht werden soll?

173. Aufgabe. Welche Windmenge Q liefert ein doppeltwirkendes Gebläse mit einem Kolbendurchmesser $d = 1500$ mm, einem Kolbenhub $s = 1600$ mm und $n = 15$ Touren in der Minute, wenn sein Lieferungsgrad $\varphi = 0{,}8$ ist?

174. Aufgabe. Ein Kompressor mit Scheibenkolben hat einen Kolbendurchmesser $d = 0{,}5$ m, einen Hub $s = 0{,}8$ m und macht $n = 60$ Touren in der Minute. Bei einem Garantieversuche ergibt sich eine gemessene durch den Kompressor angesaugte Luftmenge $Q = 13{,}7$ cbm in der Minute. Welches ist sein Lieferungsgrad φ?

175. Aufgabe. An die verlängerte Kolbenstange einer vorhandenen Dampfmaschine mit dem Hube $s = 1{,}0$ m und mit $n_1 = 30$ Touren in der Minute soll ein Scheibenkolben-Gebläse angehängt werden, das eine Luftmenge $Q_1 = 25{,}3$ cbm in der Minute anzusaugen imstande sein soll. Der zu erwartende Lieferungsgrad sei $\varphi_1 = 0{,}8$ gesetzt. Wie groß muß der Kolbendurchmesser d des Gebläses ausgeführt werden?

176. Aufgabe. Nach Inbetriebnahme der Maschine der vorigen Aufgabe ergibt sich nur eine durch Messung festgesetzte pro Minute angesaugte Luftmenge $Q_2 = 22{,}7$ cbm. Welches ist demnach der wirkliche Lieferungsgrad φ_2? Wieviel Touren n_2 muss man die Dampfmaschine machen lassen, damit die geforderte Luftmenge Q_1 auch wirklich gefördert wird?

177. Aufgabe. Für eine Wasserlieferung von 6,3 cbm in der Stunde sei eine einfachwirkende Plungerpumpe zu bestimmen. Die Umdrehungszahl werde $n = 60$ und die mittlere Kolbengeschwindigkeit $c = 0{,}5$ m/sec gewählt und der Lieferungsgrad $\varphi = 0{,}89$ angenommen. Wie groß ergibt sich der Kolbendurchmesser d und der Hub s?

§ 11. Mechanische Arbeit.

178. Aufgabe. Eine Turbine erhält stündlich einen Zufluß von 7500 cbm Wasser mit einem Gefälle von 2 m. Welche effektive Leistung in Pferdestärken hat sie aufzuweisen, wenn ihr Wirkungsgrad $\eta = 0,7$ ist?

179. Aufgabe. Wie groß ist die effektive Leistung eines Wasserrades, wenn demselben in 1 Minute 0,6 cbm Wasser mit einer wirksamen Gefällshöhe von 12 m zufließen und der Wirkungsgrad der Anlage $\eta = 0,7$ angenommen wird?

180. Aufgabe. (Fig. 56.) Bei einem Prony'schen Zaum ist das Gewicht der Wagschale $G_1 = 1,8$ kg; das Gewicht des Hebelarmes, reduziert auf den Aufhängepunkt der Wagschale, $G_2 = 6$ kg; die aufgelegten Gewichte, bei denen das Gleichgewicht erreicht wird, $G_3 = 55,5$ kg; die Anzahl der

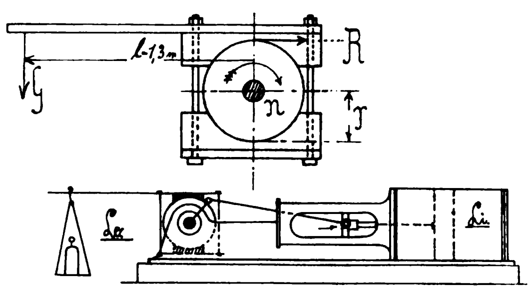


Fig. 56.

Umdrehungen der Welle in der Minute $n = 60$; die Hebellänge für die Wagschale $l = 1,3$ m. Wie groß ist die effektive mechanische Leistung Le, welche die Welle überträgt, in Pferdestärken? Wie groß ist der Wirkungsgrad der

geprüften Maschine, wenn ihre indizierte Leistung $Li = 8$ Pferdestärken beträgt?

181. Aufgabe. Das einem Wasserrade zufließende Wasser ist mit $Q = 6$ cbm in der Minute und die wirksame Gefällshöhe mit $h = 7{,}5$ m gemessen worden. Wie groß ist die Totalleistung L_t? Zur Feststellung der effektiven Leistung L_e wurde die Welle abgebremst (siehe Aufgabe 180) und bei 18,5 Touren in der Minute der Radwelle zur Ausbalancierung des Reibungsmomentes an den $l = 2$ m langen Hebelarm ein Gewicht $G = 175$ kg angehängt (das Gewicht G enthält gleichzeitig das auf die Hebellänge l reduzierte Eigengewicht des Hebelarmes). Wie groß ist demnach L_e und der Wirkungsgrad η?

182. Aufgabe. Ein Wasserrad erhält an zufließendem Wasser 5 cbm in der Minute mit einer wirksamen Gefällshöhe $h = 12$ m. Die mit ihm verbundene Pumpe hebt 2 cbm in der Minute auf 15 m Höhe. Wie groß ist die indizierte Leistung L_i des Rades, die effektive Leistung L_e der Pumpe und der Wirkungsgrad η der ganzen Anlage?

183. Aufgabe. Wenn man für das Wasserrad der vorigen Aufgabe bei einem früheren Bremsversuche die effektive Leistung gleich 9,3 Pferdestärken festgestellt hat, wie groß ist dann der Wirkungsgrad η_1 des Wasserrades und derjenige η_2 der Pumpe?

184. Aufgabe. Fig. 57. Ein Dampfhammer von $Q = 18$ Tonnen Gewicht wird in 2 Sekunden $h = 1{,}40$ m hoch gehoben. Wie groß ist die Leistung des den Hammer hebenden Dampfes in Pferdestärken?

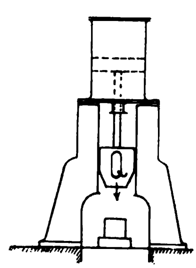


Fig. 57.

185. Aufgabe. Wieviel Pferdestärken gehören dazu, um einen Dampfhammer von 2 Tonnen Gewicht bei einer Hubhöhe von 40 cm 80 Schläge in der Minute machen zu lassen?

186. Aufgabe. Wie groß ist die Leistung einer Maschine in effektiven Pferdestärken, wenn sie eine Last von 1200 kg in 48 Sekunden auf 240 m Höhe zu heben vermag?

187. Aufgabe. In einem Schachte wird mit jedem Zuge eine Last $Q = 6$ Tonnen mit einer Geschwindigkeit $c = 4$ m in der Sekunde gehoben. Der Wirkungsgrad der Fördermaschine sei $\eta_1 = 0{,}9$, derjenige der Antriebsmaschine $\eta_2 = 0{,}85$. Wie groß muß die indizierte Leistung der Dampfmaschine in Pferdestärken sein?

188. Aufgabe. Eine Fördermaschine weist eine indizierte Leistung $L_i = 500$ Pferdestärken auf. Der Wirkungsgrad der Antriebs-Dampfmaschine sei $\eta_1 = 0{,}9$, derjenige der Seiltrommel $\eta_2 = 0{,}97$. Welche Last Q kann mit einer Geschwindigkeit $c = 6$ m in der Sekunde gehoben werden?

189. Aufgabe. Zur Hebung einer Last von 2 Tonnen steht eine Fördermaschine von 75 effektiven Pferdestärken zur Verfügung. Mit welcher Geschwindigkeit c wird die Last gehoben?

190. Aufgabe. Eine Pumpe hebt in der Minute $2^1/_8$ cbm Wasser auf 180 m Höhe. Wieviel Pferdestärken muß die Antriebsmaschine effektiv leisten, wenn der Wirkungsgrad der Pumpe $\eta = 0{,}85$ ist?

191. Aufgabe. Eine Wasserhaltung liefert aus einer Teufe von 250 m in der Minute 2,4 cbm Wasser. Welche indizierte Leistung in Pferdestärken muß die Antriebsmaschine aufweisen, wenn der Wirkungsgrad der ganzen Anlage $\eta = 0{,}8$ ist?

192. Aufgabe. Eine Pumpe wird von einer Dampfmaschine mit 6 Pferdestärken effektiver Leistung angetrieben. Wieviel Wasser vermag die Pumpe in 1 Minute auf 20 m Höhe zu heben, wenn der Wirkungsgrad der Pumpe $\eta = 0{,}8$ ist?

193. Aufgabe. Eine Dampfmaschine mit dem Wirkungsgrade $\eta_1 = 0{,}9$ treibt einen Förderhaspel mit dem Wirkungsgrade $\eta_2 = 0{,}85$ und hebt $Q = 8$ Tonnen Last mit einer Geschwindigkeit $c = 8$ m in der Sekunde. Wieviel Pferdestärken muß die indizierte Leistung der Dampfmaschine betragen?

194. Aufgabe. Eine Wasserversorgung ist mit einer Dampfanlage von 200 effektiven Pferdestärken ausgerüstet. Die Höhe des Wasserspiegels im Reservoir über dem Wasserspiegel im Brunnen sei $h = 70$ m. Der Wirkungsgrad der Pumpen sei $\eta = 0{,}9$. Wieviel Wasser Q kann bei 10stündigem Betriebe gehoben werden? Wie groß muß die Betriebsdauer pro Tag gewählt werden, wenn sich ein Bedarf von $Q_1 = 8500$ cbm täglich ergibt?

195. Aufgabe. Zur Wasserversorgung von Tarnowitz (12000 Einwohner) muß das Wasser 70 m hoch aus einem Schachte gehoben werden. Auf einen Einwohner werden täglich 180 Liter Wasserverbrauch gerechnet. Wieviel effektive Pferdestärken muß die Pumpenanlage leisten bei täg-

lich 10stündiger Betriebsdauer und wieviel bei ständigem Betriebe? Die Anlage besteht aus einem Körting'schen Gasmotor und einer Dynamomaschine über Tage und einem Elektromotor und einer Sulzer-Pumpe unter Tage. Wieviel effektive Pferdestärken muß der Gasmotor liefern, wenn die Wirkungsgrade der Dynamomaschine, der Kabelübertragung, des Motors und der Pumpe der Reihe nach $\eta_1 = 0{,}97$, $\eta_2 = 0{,}98$, $\eta_3 = 0{,}9$ und $\eta_4 = 0{,}8$ sind?

196. Aufgabe. Auf dem Bahnschacht der Gräfin Laura-Grube ist für horizontale Streckenförderung eine Benzin-Lokomotive eingestellt, die 20 Wagen im Bruttogewicht von je 1 Tonne mit einer Geschwindigkeit von 6 km in der Stunde befördert. Wenn die gesamte zu überwindende Reibung $f = 0{,}01$ beträgt, wieviel effektive Pferdestärken muß dann die Benzin-Lokomotive leisten? Die Lokomotive selbst wiegt 5 Tonnen.

197. Aufgabe. Wie stark darf ein 400 kg schwerer Automobil-Wagen beladen werden, wenn er sich bei einer effektiven Leistung von 2,5 Pferdestärken auf einer horizontalen Chaussee mit einer Geschwindigkeit von 1 m in der Sekunde soll fortbewegen können? Reibungskoeffizient $f = 0{,}125$.

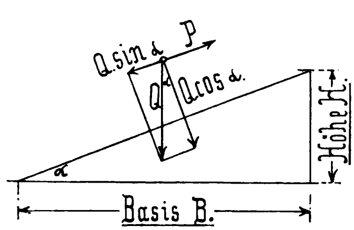


Fig. 58.

198. Aufgabe. Fig. 58. Wie stark darf die Ladung in der vorigen Aufgabe sein, wenn die Chaussee eine Steigung von 1 : 100 hat?

199. Aufgabe. Ein mit Steinkohle beladener Wagen

der Schmalspurbahn wiegt 6 Tonnen. Ein Zug mit 12 beladenen Wagen bewegt sich mit 4 m Geschwindigkeit in der Sekunde auf horizontaler Bahn. Der Reibungskoeffizient für die gesamte Reibung sei $f = 0{,}02$. Wieviel Pferdestärken muß die Lokomotive entwickeln, wenn das Gewicht derselben 10 Tonnen beträgt?

200. Aufgabe. Wieviel Wagen vermag die Lokomotive in der vorigen Aufgabe zu befördern, wenn sie eine Leistung von 150 Pferdestärken aufzuweisen hat? Wieviel Wagen dürfen nur angehängt werden, wenn auf der Strecke Steigungen von 1 : 80 vorkommen?

201. Aufgabe. Ein Querschlag von 1200 m Länge soll für maschinelle Streckenförderung mit endlosem Seil eingerichtet werden. Die Wagen, welche leer 350 kg und beladen 1000 kg Gewicht haben, sollen mit einer Geschwindigkeit von 0,75 m in der Sekunde laufen und in Abständen von 10 m an das Seil angeschlagen sein. Das Seilgewicht betrage 1,85 kg auf 1 m Länge, der gesamte Reibungswiderstand sei $f = 0{,}02$. Wieviel Pferdestärken muß die Fördermaschine effektiv leisten?

202. Aufgabe. Eine Riemenscheibe von $D = 1300$ mm Durchmesser soll bei $n = 80$ Umdrehungen in der Minute 6 effektive Pferdestärken der angetriebenen Welle erzeugen. Wie groß muß der Zug P sein, den der Riemen überträgt, bei einem Wirkungsgrade $\eta = 0{,}95$?

203. Aufgabe. Eine Kraft von 100 kg soll am Umfange einer Riemenscheibe um $D = 800$ mm Durchmesser eine effektive Leistung von 4 Pferdestärken entwickeln.

Der Wirkungsgrad des Riemens sei $\eta = 0{,}95$. Wieviel Umdrehungen muß die Riemenscheibe machen?

204. Aufgabe. Ein Zahnrad von $D = 1600$ mm Teilkreis-Durchmesser soll bei $n = 40$ Umdrehungen in der Minute eine effektive Leistung von 15 Pferdestärken auf eine Welle übertragen. Der Wirkungsgrad sei $\eta = 0{,}91$. Wie groß muß der Zahndruck sein?

205. Aufgabe. Ein Rad von einem Gewicht von 15 Tonnen mache 45 Umdrehungen in der Minute. Die Zapfen der Welle haben einen Durchmesser von $d = 180$ mm. Der Reibungswiderstand sei $f = 0{,}07$. Wieviel Pferdestärken beansprucht die Überwindung der Zapfenreibung?

206. Aufgabe. Eine Dampfmaschine hat einen Kolbendurchmesser von $d = 360$ mm und einen Kolbenhub von $s = 800$ mm. Sie macht $n = 40$ Touren in der Minute und hat nach dem Indikatordiagramm eine Totalleistung von 72 Pferdestärken aufzuweisen. Mit welchem mittleren Dampfdruck p arbeitet sie?

207. Aufgabe. Eine einfach wirkende Pumpe hat einen Kolbendurchmesser $d = 250$ mm, einen Hub $s = 500$ mm und macht in der Minute 24 Hübe. Sie wird mit 18 effektiven Pferdestärken angetrieben und hat einen Wirkungsgrad $\eta = 0{,}9$. Bis zu welcher Höhe vermag sie das Wasser zu drücken?

208. Aufgabe. Der Kolben einer Dampfmaschine hat einen Durchmesser $d = 280$ mm und macht einen einfachen Kolbenweg $s = 400$ mm. Der mittlere Dampfüberdruck

beträgt $p = 4$ Atmosphären. Wie groß ist die indizierte Leistung der Maschine, wenn sie $n = 40$ Touren in der Minute macht?

209. Aufgabe. Eine einfach wirkende Pumpe, deren Kolben bei einem Durchmesser $d = 360$ mm und einem Hub $s = 450$ mm 22 Doppelhübe in der Minute macht, soll das Wasser auf 16 m Höhe heben. Wieviel Pferdestärken sind zum Antriebe erforderlich, wenn der Wirkungsgrad der Pumpe $\eta_1 = 0{,}8$ ist? Wieviel indizierte Pferdestärken muß die Antriebsmaschine besitzen, wenn ihr Wirkungsgrad $\eta_2 = 0{,}9$ ist?

210. Aufgabe. Ein Kolben von $d = 300$ mm Durchmesser wird mit Dampf von $p = 4$ Atmosphären mittlerer Spannung bewegt. Der Kolbenhub beträgt $s = 600$ mm. Die Schwungradwelle macht $n = 40$ Umdrehungen in der Minute. Wieviel Pferdestärken beträgt die effektive Leistung der Maschine, wenn ihr Wirkungsgrad $\eta = 0{,}75$ ist?

§ 12. Hydraulische Presse.

211. Aufgabe. Fig. 59. Bei einer hydraulischen Presse ist das Verhältnis der Kolbendurchmesser $d : D = 1 : 10$. Welcher Druck kann mit einer Kraft $K = 25$ kg ausgeübt werden?

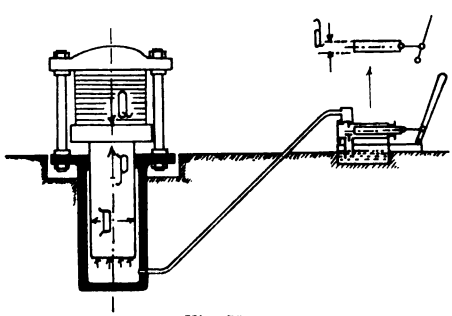


Fig. 59.

212. Aufgabe. Bei einer hydraulischen Presse ist das Verhältnis der Kolbendurchmesser $d : D = 1 : 9$. Welche Kraft K ist erforderlich, um einen Druck $Q = 1{,}5$ t zu erzielen?

213. Aufgabe. Wie groß muß das Verhältnis der Kolbendurchmesser einer hydraulischen Presse gewählt werden, wenn mit einer Kraft $K = 15$ kg ein Druck $Q = 1$ t erzielt werden soll?

214. Aufgabe. Beim Treiben eines Senkschachtes mit Tübbings stehen 16 hydraulische Pressen zur Verfügung, welche einen Pumpenkolbendurchmesser $d = 20$ mm und einen Preßkolbendurchmesser $D = 180$ mm besitzen, und bei denen die Pumpenkolben durch einen einarmigen Hebel mit den Armen $a = 40$ mm und $b = 900$ mm bewegt wer-

den. Welchen Gesamtdruck vermag man mit den 16 Pressen auszuüben, wenn jeder Arbeiter anfangs mit einer Kraft $K_1 = 5$ kg, die sich während des Arbeitens bis auf $K_2 = 12$ kg steigert, den Hebel bewegt?

B. Festigkeitslehre.

§ 1. Zug- und Druck-Festigkeit.

215. Aufgabe. Eine im Querschnitt kreuzförmige Stange ist aus 4 gleichschenkligen Winkeleisen zusammengenietet, welche eine Schenkellänge von $l = 100$ mm und eine mittlere Schenkelstärke von $a = 15$ mm besitzen. Wie stark kann die Stange auf Zug beansprucht werden, wenn $k = 7{,}5$ kg/qmm ist?

216. Aufgabe. Welche Drucklast kann ein schmiedeeiserner Stab von quadratischem Querschnitt ($a = 30$ mm) mit Sicherheit aufnehmen, wenn $k = 6$ kg/qmm ist?

217. Aufgabe. Ein 300 m langes schmiedeeisernes prismatisches Schachtgestänge soll außer seinem Eigengewicht noch eine Last von 30 t tragen. Welchen Querschnitt muß es erhalten, wenn sein spezifisches Gewicht $s = 7{,}5$ und $k = 8$ kg/qmm ist?

218. Aufgabe. Wie stark darf ein Rundeisen von $d = 36$ mm Durchmesser auf Zug beansprucht werden, wenn $k = 750$ kg/qcm ist?

219. Aufgabe. Welchen Durchmesser muß eine kreisrunde, schmiedeeiserne Stange ($k = 7{,}5$ kg/qmm) erhalten, wenn sie mit 8 t auf Zug soll belastet werden können?

220. Aufgabe. Wie groß ist der Durchmesser eines gußeisernen Stabes mit kreisförmigem Querschnitt zu wählen, wenn der Stab mit Sicherheit ($k = 1{,}67$ kg/qmm) eine Zuglast von 1700 kg tragen soll?

221. Aufgabe. Bei Patent-Tiegelgußstahl-Drähten für Förderseile rechnet man die Bruchlast zu 156 kg auf 1 qmm. Wie lang darf ein frei herabhängendes Seil sein, wenn sein spezifisches Gewicht $s = 7{,}8$ ist? — Hängt die berechnete Bruchlänge vom Querschnitt desselben ab und wenn dies nicht der Fall ist, wovon ist sie abhängig? — Wie tief darf man das Seil einhängen, wenn die durch das Eigengewicht eintretende Spannung nur $^1/_5$ bezw. $^1/_{10}$ der Bruchfestigkeit betragen soll? — Wieviel kg Last kann man aus einem 200 m tiefen Schachte bei 5facher Sicherheit auf 1 qcm Seilquerschnitt fördern?

222. Aufgabe. Eine Gewerkschaft zeigt an, daß sie 2 gebrauchte Förderseile zu verkaufen hat. Die Seile bestehen aus 7 Litzen zu je 18 Drähten mit einem Durchmesser von je 2,5 mm und haben jedes eine Gesamttragfähigkeit von über 18000 kg. Wie groß ist die Bruchfestigkeit des Materials pro qmm, wenn angenommen wird, daß bei der Berechnung der Tragfähigkeit mit einer 5fachen Sicherheit gerechnet worden ist?

223. Aufgabe. Aus einem unter 30° gegen den Horizont geneigten Schachte von 800 m Länge sei mittels Gestell-

und Förderwagens von zusammen 500 kg Gewicht eine Last von 625 kg aufzuziehen. Wie groß ist die Summe der Drahtquerschnitte des Förderseiles zu nehmen? Reibungskoeffizient $f = 0{,}01$: $k = 6$ kg/qmm für Eisendraht; $k = 13$ kg/qmm für Stahldraht. Das Seil wiegt auf 1 qmm Querschnitt der Drähte das laufende Meter bei Eisendrähten 0,008 kg, bei Stahldrähten 0,01 kg.

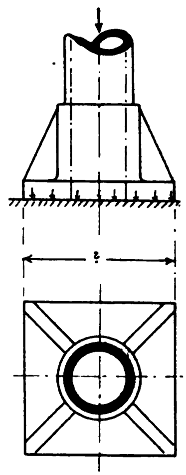
224. Aufgabe. Aus 800 m Teufe sollen 12000 kg gefördert werden. Wie stark sind die Drähte des Förderseiles zu wählen, wenn dieses aus 180 Drähten bestehen, die zulässige Beanspruchung des Materials $k = 1500$ kg/qcm betragen und das spezifische Gewicht $s = 7{,}8$ angenommen werden soll?

225. Aufgabe. Für eine Streckenförderung mit endlosem Seil auf horizontaler Bahn von 1400 m Länge, bei welcher die Förderwagen in Abständen von $a = 10$ m laufen, das Gewicht eines leeren Wagens $Q_1 = 350$ kg und das eines beladenen Wagens $Q_2 = 1000$ kg und die Förderwagenreibung $f = 0{,}01$ ist, soll der größte im Seil auftretende Seilzug und danach die Stärke des Seiles berechnet werden. Der Seildraht darf nur mit 10 kg auf 1 qmm Querschnitt beansprucht werden.

226. Aufgabe. Die vorige Aufgabe soll ohne Berücksichtigung des Seilgewichtes gelöst werden.

227. Aufgabe. In einem tonnlägigen Schachte von 60° Neigung soll eine Erztonne von 1000 kg Gewicht mit Hilfe eines Hanfseiles gefördert werden. Es ist der im Seil erforderliche Zug zu bestimmen, wenn das Seil die Richtung

der schiefen Ebene hat. Reibungskoeffizient $f = 0{,}35$. Danach ist die Stärke des Seiles zu bestimmen, wenn das Seil mit 1,4 kg auf 1 qmm Querschnitt in Anspruch genommen werden darf.


Fig. 60.

228. Aufgabe. Fig. 60. Eine Säule drückt mit 18000 kg auf ein gemauertes Fundament. Wie groß muß der quadratische Fuß der Säule gewählt werden, wenn $k = 12$ kg/qcm für Mauerwerk ist?

229. Aufgabe. Ein Träger mit einer unteren Breite $b = 200$ mm drückt mit $P = 6000$ kg auf Mauerwerk. Wie weit (a) muß der Träger aufgelagert werden? $k = 12$ kg/qcm.

230. Aufgabe. Wie stark darf ein Pfeiler aus Ziegelstein ($k = 6$ kg/qcm) mit quadratischem Querschnitt, drei Stein (d. i. 77 cm) stark, belastet werden?

231. Aufgabe. Fig. 61. Auf einen prismatischen hohlen gußeisernen Rahmen, welcher zur Aufnahme einer Maschine bestimmt ist, wird von dieser ein Druck von 200 t ausgeübt. Welche Wandstärke w muß der Rahmen erhalten, wenn sein Querschnitt ein hohles Rechteck mit einer lichten Länge $l = 2{,}00$ m und einer lichten Breite $b = 0{,}80$ m ist und das Material aus Rücksicht auf die Herstellung

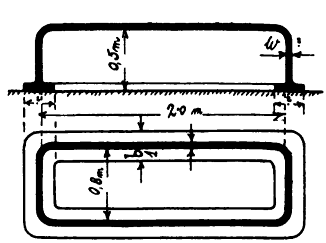


Fig. 61.

durch Gießen nur auf 2,5 kg pro qmm in Anspruch genommen werden soll?

232. Aufgabe. Wie groß muß bei dem Rahmen der vorigen Aufgabe die Breite b_1 des Fußes sein, wenn dieser auf Zement-Mauerwerk ($k = 15$ kg/qcm) aufruht und die Höhe des Rahmens $h = 0{,}5$ m ist? Das Eigengewicht des Rahmens ist zu berücksichtigen.

233. Aufgabe. Wie groß muß für die beiden vorhergehenden Aufgaben die Fläche der Fundamentsohle gemacht werden, wenn die zulässige Belastung des Baugrundes $k = 2{,}5$ kg/qcm und das Eigengewicht des Fundaments gleich rund 10 t angenommen wird?

234. Aufgabe. Welche Länge muß eine $b = 15$ cm breite Unterlagsplatte erhalten, wenn sie einen Druck von $P = 3100$ kg auf Ziegelmauerwerk ($k = 6$ kg/qcm) gleichmäßig übertragen soll?

235. Aufgabe. Wie stark muß das Rundeisen zu einer eisernen Kette gewählt werden, wenn diese einen Zug $P = 4500$ kg mit Sicherheit aushalten soll? $k = 750$ kg/qcm.

236. Aufgabe. Welchen Zug vermag eine Kette aufzunehmen, wenn der Durchmesser des zu der Kette verwendeten Rundeisens $d = 25$ mm beträgt? $k = 7{,}5$ kg/qmm.

237. Aufgabe. Eine Kette zerreißt bei einer Zugbeanspruchung von 60 t. Wie groß ist die Bruchfestigkeit

des Materials, wenn das zu der Kette verwendete Rundeisen einen Durchmesser $d = 23$ mm besitzt?

238. Aufgabe. Wie groß ist der Durchmesser des Rundeisens für eine offene, geschweißte Kette zu wählen, wenn die Kette 300 m lang sein und mit Sicherheit ($k = 7{,}5$ kg/qmm) eine Last von 5 t tragen soll? 1 m Kette bei 1 qmm Querschnitt des dazu verwendeten Rundeisens wiegt 0,02 kg.

239. Aufgabe. Eine Kette von Rundeisen mit einem Durchmesser $d = 11$ mm und einer Belastung $k = 7{,}5$ kg/qmm wiegt für das laufende Meter 2 kg. Bei welcher Länge vermag sie 1400 kg noch mit Sicherheit zu tragen?

240. Aufgabe. Ein Riemen überträgt 8 Pferdestärken auf eine Riemenscheibe vom Durchmesser $D = 1000$ mm, die in der Minute $n = 150$ Touren macht. Wie groß ist die übertragene Umfangskraft? Wie groß ist der Zug P im Riemen? Wie breit (b) muß der Riemen sein, wenn er $d = 6$ mm Stärke haben soll und die Belastung $k = 0{,}2$ kg/qmm beträgt?

241. Aufgabe. Ein übermäßig stark belasteter Riemen von $b = 250$ mm Breite und $a = 8$ mm Stärke soll durch Hanfseile bei gleichem Durchmesser der Scheibe ersetzt werden. Wieviel Seile sind hierzu nötig, wenn die Seile einen Durchmesser von $d = 40$ mm haben sollen, die vorhandene Riemenbelastung $k_1 = 30$ kg pro qcm ist und die Hanfseilbelastung mit $k_2 = 12$ kg/qcm als zulässig angesehen werden kann?

242. Aufgabe. Wieviel Pferdestärken überträgt ein Riemen von $b = 400$ mm Breite und $a = 8$ mm Stärke bei einer Geschwindigkeit von $c = 20$ m/sec, wenn er mit $k = 25$ kg/qcm beansprucht werden darf? Welchen Durchmesser D erhält die Riemenscheibe bei $n = 160$ Touren in der Minute?

243. Aufgabe. Von einer Welle, die mit $n = 110$ Touren in der Minute läuft, sind durch ein Drahtseil $N = 65$ Pferdestärken weiterzuleiten bei einer Seilgeschwindigkeit von $c = 20$ m/sec. Welchen Durchmesser D muß die Seilscheibe und welchen d das Seil haben? Auf 1 qmm des vollen Seilquerschnittes wird 2 kg Belastung gerechnet, also z. B. auf ein Seil von 8 mm Durchmesser eine Belastung von $2 . \frac{8^2 \pi}{4} = 100$ kg, entsprechend dem vollen Kreisinhalt von 50 qmm Fläche.

244. Aufgabe. Durch eine Hanfseilscheibe von $D = 2500$ mm Durchmesser sind bei $n = 120$ Touren $N = 200$ Pferdestärken zu übertragen. Wieviel Seile von $d = 40$, 45 oder 50 mm Durchmesser sind erforderlich bei einer mittleren Beanspruchung von $k = 10$ kg/qcm?

245. Aufgabe. Eine Riemenscheibe von $D = 1200$ mm Durchmesser soll bei $n = 180$ Touren/Min. $N = 12$ Pferdestärken übertragen. Wie breit (b) muß der Riemen genommen werden, wenn seine Stärke $a = 7$ mm und die zulässige Beanspruchung $k = 10$ kg/qcm betragen soll?

246. Aufgabe. Wieviel Pferdestärken N können 7 Hanfseile von $d = 50$ mm Durchmesser bei $c = 18$ m

Geschwindigkeit übertragen und wieviel Touren n muß die Welle machen, wenn die Seilscheibe $D = 2200$ mm Durchmesser hat? Es ist $k = 12$ kg/qcm zu nehmen.

247. Aufgabe. Fig. 62. Ein Haspel wird durch eine einfache Bandbremse gebremst. Die durch den Haspel herabzulassende Last beträgt $Q = 1000$ kg, der Durchmesser der Seiltrommel sei $d = 600$ mm, der Halbmesser der Bremsscheibe $R = 200$ mm. Wie stark (a) ist das schmiedeeiserne Bremsband zu wählen, wenn es eine Breite $b = 100$ mm haben und $k = 8$ kg/qmm sein soll?

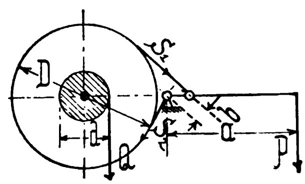


Fig. 26.*)

248. Aufgabe. Welchen Überdruck in Atmosphären vermag ein gußeisernes Rohr von $d = 400$ mm lichtem Durchmesser und $w = 12$ mm Wandstärke auszuhalten? $k = 250$ kg/qcm.

249. Aufgabe. Wie groß muß die Wandstärke w eines gußeisernen Wasserleitungsrohres ($k = 250$ kg/qcm) von $d = 400$ mm lichtem Durchmesser für $p = 20$ Atmosphären Überdruck gemacht werden?

250. Aufgabe. Wie stark ist die Wand eines schmiedeeisernen Rohres zu wählen, wenn das Rohr einen inneren Durchmesser $d = 150$ mm haben und einem Überdruck von $p = 20$ Atmosphären mit Sicherheit widerstehen soll? $k = 7{,}5$ kg/qmm.

---

*) Anmerkung. In der Figur ist $D > d$; nach der Aufgabe ist $D < d$.

251. Aufgabe. Wie stark (w) muß die Wand eines zylindrischen Dampfkessels von $d = 1100$ mm Durchmesser für $p = 10$ Atmosphären Überdruck gemacht werden? $k = 750$ kg/qcm. — Wie groß muß die Wandstärke werden, wenn man annimmt, daß in der Nietnaht nur 0,7 der Festigkeit des vollen Bleches vorhanden ist?

§ 2. Biegungsfestigkeit.

252. Aufgabe. Fig. 63. Wie groß ist das Widerstandsmoment eines rechteckigen Balkens, wenn gegeben sind:

	1.	2.	3.	4.
$h =$	150	200	250	300 mm
$b =$	100	150	150	150 mm.

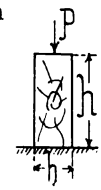


Fig. 63.

253. Aufgabe. Wie groß ist das Widerstandsmoment eines Balkens mit quadratischem Querschnitt?

	1.	2.	3.	4.
$a =$	10	15	20	25 cm.

254. Aufgabe. Wie ist das Widerstandsmoment einer kreisrunden Welle?

	1.	2.	3.	4.
$d =$	25	50	60	70 mm.

255. Aufgabe. Fig. 64. Wie groß ist das Widerstandsmoment eines **I**-Trägers? Die Formel dafür lautet

$$W = \frac{bh^3 - b_1 h_1{}^3}{6 \cdot h},$$

worin $b_1 = b - w_2$ und $h_1 = h - 2\,w_1$ ist. Es sei $h = 200$ mm, $w_1 = 12$ mm, $w_2 = 9$ mm und $b = 90$ mm.

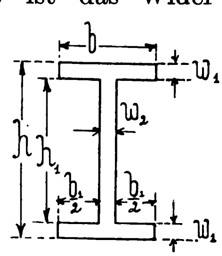


Fig. 64.

256. Aufgabe. In welcher Lage besitzt ein Balken mit rechteckigem Querschnitt ein größeres Widerstandsmoment,

wenn er mit der Breite b oder mit der Höhe h des Querschnittes aufgelegt wird?

257. Aufgabe. Fig. 65. Ein ⊤-Eisen Normalprofil No. 20 besitzt nach der Tabelle des Taschenbuches der Hütte ein Widerstandsmoment $W = 216$ cm³. Dasselbe sei als Freiträger von $l = 2$ m Länge am Ende mit $P = 648$ kg belastet. Wie groß ist die Spannung k an der Einspannungsstelle?

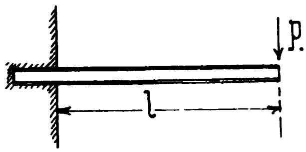


Fig. 65.

258. Aufgabe. Fig. 66. Ein rechteckiger hölzerner Balken hat die Abmessungen $h = 25$ cm, $b = 15$ cm und Länge $l = 2{,}5$ m zwischen den Auflagern. In einer Entfernung $l_1 = 1{,}00$ m vom linken Lager ruht eine Last $P = 1300$ kg auf dem Balken auf. Wie groß ist die Spannung k_1 im Belastungspunkte und die Spannung k_2 in der Mitte des Balkens?

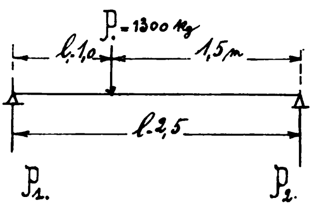


Fig. 66.

259. Aufgabe. Fig. 67. ⊏-Eisen Nr. 15 hat nach der Tabelle der deutschen Normalprofile ein Widerstandsmoment

$$W = 99 \text{ cm}^3.$$

Dasselbe ist nach der Skizze gelagert und belastet. $P_I = 300$ kg, $P_{II} = 600$ kg. In welchem Punkte, dem Angriffspunkte von P_I oder P_{II}, ist die Spannung k am größten? Warum

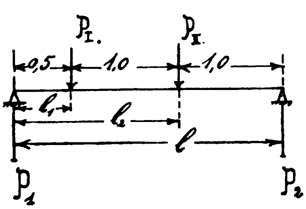


Fig. 67.

muß die Spannung in dem gefundenen Punkte größer sein, als in dem anderen?

260. Aufgabe. Fig. 65. Ein freitragender kieferner Balken von $l = 1{,}80$ lichter Länge soll an seinem freien Ende eine Last von $P = 800$ kg tragen. Breite zu Höhe des Querschnittes sollen sich wie 5 : 7 verhalten. Welche Dimensionen muß der Querschnitt erhalten? $k = 60$ kg/qcm

261. Aufgabe. Fig. 65. Ein Austritt soll auf 2 frei aus der Mauer herausragenden Balken angebracht werden. Wie sind die Maße des Querschnittes der Balken zu wählen, wenn Höhe zu Breite sich wie 4 : 3 verhalten sollen, wenn die zu tragende Last auf $P = 1200$ kg im Maximum mit einem von der Mauer aus gerechneten Hebelarme von $l = 0{,}60$ m angenommen wird und $k = 60$ kg pro qcm für Holz ist?

262. Aufgabe. Welchen Querschnitt muß der hölzerne Hebel der Aufgabe 91 erhalten, wenn für denselben $h : b = 4 : 3$ und $k = 60$ kg/qcm sein soll?

263. Aufgabe. Ein Balken mit rechteckigem Querschnitt $b : h = 3 : 4$ und von einer Länge $l = 6$ m ist an beiden Enden aufgelagert und in einer Entfernung von $l_1 = 2$ m an dem einen Ende durch eine Last $P = 30$ Zentner belastet. Wie groß ist an der Belastungsstelle der Querschnitt zu wählen, wenn $k = 75$ kg/qcm gegeben ist und von dem Eigengewicht des Balkens abgesehen werden soll?

264. Aufgabe. Ein I-Träger soll auf 2 Stützen aufgelegt werden, die eine Entfernung von $l = 10$ m haben.

Er soll belastet werden mit 2, von den Auflagern um je $l_1 = 3$ m entfernten Gewichten von je $P = 4$ t. Welches Widerstandsmoment W muß das zu wählende Profil aufweisen? $k = 750$ kg/qcm. Es ist aus einer Tabelle für Normalprofile ein Profil auszuwählen, welches ein dem gesuchten nahekommendes Widerstandsmoment besitzt.

265. Aufgabe. Fig. 64. Seite 71. Ein I-Träger hat gleiche Flansch- und Stegdicke w, eine Flanschbreite b, die gleich der 8fachen Flanschdicke w ist, und eine Höhe h, die gleich der 12fachen Flanschdicke ist. Der Träger soll bei $l = 2$ m Länge $P = 2500$ kg an seinem freien Ende tragen. Welche Dimensionen muß man seinem Querschnitt geben? $k = 7{,}5$ kg/qmm. W nach Aufgabe 255.

266. Aufgabe. Eine Welle ist an den beiden Enden gelagert. Die Entfernung von Zapfenmitte zu Zapfenmitte beträgt $l = 2200$ mm. Um $l_1 = 800$ mm von der einen Zapfenmitte entfernt ist die Welle mit $P = 3600$ kg belastet. Wie stark muß die Welle an der Belastungsstelle und wie stark müssen die beiden Zapfen genommen werden, wenn für diese die Länge gleich 1,5 Durchmesser sein soll? $k = 750$ kg/qcm.

267. Aufgabe. Ein I-Eisen No. 20 mit $W = 216$ cm³ ist an dem einen Ende eingemauert und besitzt eine freitragende Länge $l = 2{,}5$ m. Mit welchen Kräften P_1 und P_2 darf es am freien Ende belastet werden bei einer zulässigen Spannung $k_1 = 500$ kg/qcm, bezw. $k_2 = 750$ kg/qcm? Wie groß sind die entstehenden Spannungen, wenn die Kräfte P_1 und P_2 nicht am Ende, sondern 0,5 m vom Ende entfernt angreifen?

268. Aufgabe. Ein Balken von $h = 25$ cm und $b = 15$ cm Querschnitt hat eine freitragende Länge $l = 2$ m. Wie groß darf eine am Ende angreifende Kraft P höchstens werden, wenn die Spannung den Wert $k = 50$ kg/qcm nicht überschreiten soll?

269. Aufgabe. Auf welche Länge l kann ein I-Träger bei einer an seinem freien Ende wirkenden Belastung von $P = 2000$ kg freitragend verlegt werden, wenn für denselben (siehe Aufgabe 255) $h = 200$ mm, $b = 90$ mm, $w_1 = 12$ mm und $w_2 = 9$ mm beträgt und $k = 6$ kg/qmm ist?

270. Aufgabe. Ein I-Eisen, dessen Querschnitt ein Widerstandsmoment $W = 900$ cm³ besitzt, ist an beiden Enden in einer lichten Weite von $l = 5{,}80$ m unterstützt. Welche Last P vermag der Träger in einer Entfernung $l_1 = 2$ m von dem einen Unterstützungspunkte entfernt zu tragen? $k = 750$ kg/qcm.

271. Aufgabe. Ein kieferner Balken ($h = 20$ cm, $b = 15$ cm) liegt zwischen 2 Stützen. Er soll in der Mitte mit $P = 800$ kg belastet werden. Wie weit dürfen die Stützen höchstens auseinander stehen, wenn $k = 60$ kg/qcm nicht überschritten werden soll?

272. Aufgabe. Fig. 68. Für einen an beiden Enden unterstützten Träger, der eine gleichmäßig verteilte Last P zu tragen hat, gilt die Gleichung $P \cdot l = 8\, W \cdot k$, worin l die freie Länge in cm bedeutet. Welchen Druck vermag danach ein Rundholz ($d = 220$ mm) als Kappe aus-

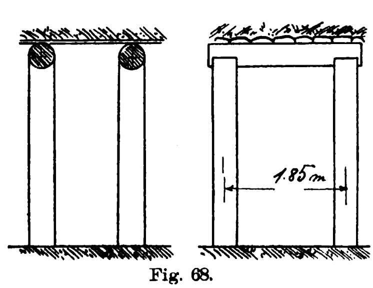


Fig. 68.

zuhalten, wenn es in einer lichten Weite von $l = 185$ cm von 2 Stempeln gestützt wird? $k = 60$ kg/qcm.

$$W = \frac{\pi \cdot d^3}{32}.$$

273. Aufgabe. Wie stark müssen in der vorigen Aufgabe die Stempel genommen werden, wenn sie nur auf Druck berechnet werden sollen? $k = 20$ kg/qcm.

§ 3. Schubfestigkeit.

274. Aufgabe. Fig. 69. Wie stark darf ein eingeschliffener Bolzen von 14 mm Durchmesser auf Abscheren in Anspruch genommen werden. $k = 800$ kg/qcm.

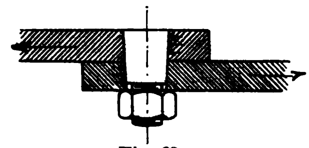


Fig. 69.

275. Aufgabe. Fig. 70. Welche Kraft P hat man beim Durchstoßen eines schmiedeeisernen Bleches von $w = 10$ mm Stärke anzuwenden, wenn der Durchmesser des Bleches $d = 20$ mm betragen soll? $k = 35$ kg/qmm.

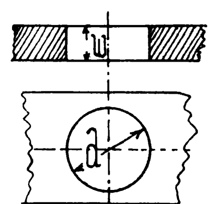


Fig. 70.

§ 4. Torsion.

276. Aufgabe. Wie stark muß eine gewöhnliche Transmissionswelle sein, wenn am Umfange der Riemenscheibe von $D = 700$ mm Durchmesser eine Kraft $P = 1000$ kg wirkt? $k = 7{,}5$ kg/qmm.

277. Aufgabe. Eine vorhandene kurze Transmission hat $d = 100$ mm Durchmesser und läuft mit $n = 100$ Touren i. d. Min. Sie soll eine Leistung von $N = 100$ Pferdestärken übertragen. Ist dies zulässig, wenn die Spannung im Höchstfalle $k = 600$ kg/qcm betragen darf?

278. Aufgabe. Wie groß muß der Durchmesser d einer Transmissionswelle von Schmiedeeisen sein, wenn sie bei $n = 120$ Umdrehungen i. d. Min. $N = 50$ Pferdestärken übertragen soll?

279. Aufgabe. Wieviel Pferdestärken N kann eine lange Welle aus Schmiedeeisen von $d = 115$ mm Durchmesser bei $n = 120$ Touren i. d. Min. übertragen?

Auflösungen.

A. Mechanik.

§ 1. Die Schwere.

Vorbemerkung. Man beachte die Einheiten der einzelnen Maßangaben! Bei Berechnung von Flächeninhalten F tritt immer das Produkt zweier, bei Körperinhalten (Volumen V) das Produkt dreier Strecken auf. Diese Strecken müssen in denselben Maß-Einheiten in die Berechnung eingeführt werden, z. B. alle drei in mm oder in cm, dm oder m; man erhält dann die Flächen in qmm, qcm, qdm und qm und die Volumina in cmm, ccm, cdm (oder Liter l) und cbm. Bei Gewichtsberechnungen ($G = V \cdot s$) beachte man, daß, wenn das Volumen in ccm gegeben ist, sich das Gewicht in g ergibt und daß ebenso cdm oder l und kg, sowie cbm und t einander entsprechen. Da Gewichte und sonstige Kräfte im allgemeinen in kg gemessen werden, so berechnet man das Volumen V am besten in Litern oder cdm und drückt also alle Längen in dm aus.

Zu Aufgabe 1—11. Fig. 71. Es gelten folgende Formeln:

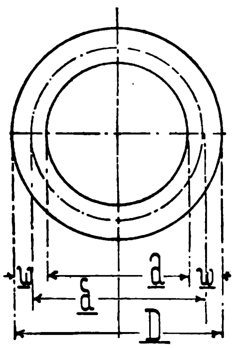


Fig. 71.

I. Wandstärke $w = \frac{D - d}{2}$. (in dm).

II. Mittlerer Durchmesser

$$\delta = \frac{D + d}{2} = d + w = D - w.$$

(in dm).

III. Querschnittsfläche

$F = \delta \,.\, \pi \,.\, w.$ (in qdm).

IV. Volumen $V = F \,.\, l.$ (in cdm).

V. Gewicht $G = V \,.\, s.$ (in kg).

1. Aufgabe: $D = 4$ dm; $d = 3{,}5$ dm.
$w = 0{,}25$ dm (nach I).
$\delta = 3{,}75$ dm (nach II).
$F = 3{,}75 \,.\, \pi\, 0{,}25 = 2{,}94$ qdm (nach III).

Aus IV und V ergibt sich

$$l = \frac{G}{F \,.\, s} = \frac{517}{2{,}94 \,.\, 3} = 58{,}5 \text{ dm oder } 5{,}85 \text{ m}.$$

2. Aufgabe: $D = 9{,}2$ dm; $d = 8{,}8$ dm; $l = 34{,}8$ dm.
$w = 0{,}2$ dm.
$\delta = 9$ dm.
$F = 9\,\pi \,.\, 0{,}2 = 5{,}65$ qdm.
$V = 5{,}65 \,.\, 34{,}8 = 196{,}62$ cdm.

$$s = \frac{G}{V} = \frac{983}{196{,}62} = 5.$$

3. Aufgabe: $D = 6{,}3$ dm; $l = 78$ dm.

$$V = \frac{G}{s} = \frac{507}{0{,}48} = 1056{,}25 \text{ cdm}.$$

$$F = \frac{V}{l} = \frac{1056,25}{78} = 13,55 \text{ qdm.}$$

Es ist

$$\delta = D - w = 6,3 - w,$$

also folgt aus Gl. III.

$$(6,3 - w)\,\pi\,.\,w = 13,55$$
$$w^2 - 6,3\,w = -4,31$$
$$w = 3,15 \pm \sqrt{3,15^2 - 4,31}$$
$$w_1 = 5,52$$
$$w_2 = 0,78.$$

Da $w < \frac{D}{2}$ sein muß, so ist der Wert w_1 nicht brauchbar. Es ist also

$$w = 0,78 \text{ dm oder } 78 \text{ mm}$$

und daher

$$d = D - 2\,w = 4,74 \text{ dm oder } 474 \text{ mm.}$$

4. Aufgabe: $d = 5,67$ dm; $l = 48$ dm.

$$V = \frac{G}{s} = \frac{609}{0,6} = 1015 \text{ cdm.}$$

$$F = \frac{V}{l} = \frac{1015}{48} = 21,1 \text{ qdm.}$$

Es ist $\delta = d + w = 5,67 + w$, also ist aus Gl. III.

$$(5,67 + w)\,\pi\,.\,w = 21,1$$
$$w^2 + 5,67\,w = 6,725$$
$$w_1 = -6,677$$
$$w_2 = 1,007.$$

Der negative Wert ist nicht brauchbar; also ist

$$w = 1,007 \text{ dm oder rund } 101 \text{ mm}$$

und

$$D = d + 2\,w = 7,69 \text{ dm oder } 769 \text{ mm.}$$

5. Aufgabe: $D = 4{,}36$ dm; d $= 3{,}92$ dm; $l = 17{,}8$ dm.

$w = 0{,}22$ dm.

$\delta = 4{,}14$ dm.

$F = 4{,}14 \cdot \pi \cdot 0{,}22 = 2{,}8613$ qdm.

$V = 50{,}9258$ cdm.

$G = 178{,}25$ kg.

6. Aufgabe: $d = 4{,}93$ dm; $w = 0{,}94$ dm.

$D = d + 2w = 6{,}81$ dm.

$\delta = d + w = 5{,}87$ dm.

$F = 5{,}87 \cdot \pi \cdot 0{,}94 = 17{,}6$ qdm.

$l = \frac{V}{F}$ und $V = \frac{G}{s}$, also

$$l = \frac{G}{F \cdot s} = \frac{517}{17{,}6 \cdot 0{,}6} = 49{,}7 \text{ dm oder } 4{,}97 \text{ m.}$$

7. Aufgabe: $D = 4$ dm; $w = 0{,}38$ dm.

$d = D - 2w = 3{,}24$ dm.

$\delta = D - w = 3{,}62$ dm.

$F = 3{,}62\, \pi \cdot 0{,}38 = 4{,}31$ qdm.

$$l = \frac{G}{F \cdot s} = \frac{432}{4{,}31 \cdot 0{,}7} = 142{,}8 \text{ dm oder } 14{,}28 \text{ m.}$$

8. Aufgabe: $w = 0{,}4$ dm; $l = 3{,}4$ dm.

$$V = \frac{G}{s} = \frac{130}{7{,}5} = 17{,}33 \text{ cdm.}$$

$$F = \frac{V}{l} = \frac{17{,}33}{3{,}4} = 5{,}1 \text{ qdm.}$$

$\delta = d + w$, gibt

$(d + 0{,}4)\, \pi \cdot 0{,}4 = 5{,}1.$

$d = 3{,}66$ dm oder 366 mm.

Also $D = d + 2w = 4{,}46$ dm oder 446 mm.

9. Aufgabe: $d = 2{,}98$ dm; $w = 0{,}5$ dm; $l = 34{,}6$ dm.

$$D = d + 2\,w = 3{,}98 \text{ dm.}$$
$$\delta = d + w = 3{,}48 \text{ dm.}$$
$$F = 3{,}48 \,.\, \pi \,.\, 0{,}5 = 5{,}45 \text{ qdm.}$$
$$V = 5{,}45 \,.\, 34{,}6 = 188{,}57 \text{ cdm.}$$
$$G = 188{,}57 \,.\, 0{,}54 = 101{,}8 \text{ kg.}$$

10. Aufgabe. $D = 4{,}57$ dm; $w = 0{,}42$ dm; $l = 17{,}2$ dm.

$$d = D - 2\,w = 3{,}73 \text{ dm.}$$
$$\delta = D - w = 4{,}15 \text{ dm.}$$
$$F = 4{,}15 \,.\, \pi \,.\, 0{,}42 = 5{,}476 \text{ qdm.}$$
$$V = 5{,}476 \,.\, 17{,}2 = 94{,}184 \text{ cdm.}$$
$$G = 94{,}184 \,.\, 4{,}2 = 395{,}6 \text{ kg.}$$

11. Aufgabe. $D = 0{,}42$; $l = 10$ dm; $s = 11{,}35$; $G = 7{,}7$ kg.

$$V = \frac{G}{s} = \frac{7{,}7}{11{,}35} = 0{,}678 \text{ cdm.}$$
$$F = \frac{V}{l} = \frac{0{,}678}{10} = 0{,}0678 \text{ qdm.}$$
$$\delta = D - w = 0{,}42 - w \text{ ergibt}$$
$$(0{,}42 - w) \,.\, \pi \,.\, w = 0{,}0678$$
$$w^2 - 0{,}42\,w = -\,0{,}0216$$
$$w_1 = 0{,}36$$
$$w_2 = 0{,}06.$$

Da $w < \frac{D}{2}$ sein muß, gilt nur w_2; es ist also

$$w = 0{,}06 \text{ dm} = 6 \text{ mm}$$

und also

$$d = D - 2\,w = 0{,}30 \text{ dm} = 30 \text{ mm.}$$

12. Aufgabe. Das Volumen der sämtlichen Wände des Kastens rechnet man aus, indem man die Summe der sämtlichen Außenflächen mit der Wandstärke multipliziert.

Die Grundfläche ist 17,5 . 21,5 qdm groß.
Die 4 Seitenflächen sind zusammen

$$2\,(17{,}5 + 21{,}5)\,.\,8{,}5 \text{ qdm groß.}$$

Also sind die gesamten Aussenflächen

$$F = 17{,}5\,.\,21{,}5 + 2(17{,}5 + 21{,}5)\,.\,8{,}5 = 1039 \text{ qdm.}$$

$$V = 1039\,.\,0{,}08 = 83{,}14 \text{ cdm.}$$

$$G = 83{,}14\,.\,11{,}35 = 943{,}6 \text{ kg.}$$

13. Aufgabe. Fig. 72. Man denke sich die einzelnen Flöze zusammengelegt, so daß sie ein einziges $h = 16$ m mächtiges Flöz bilden. Die Mächtigkeit wird dabei nicht saigerrecht, sondern senkrecht zum Hangenden und Liegenden gemessen. Die Streichlänge des Flözes ist $a = 963$ m. Die flache Länge, in der Richtung des Fallens gemessen, ist

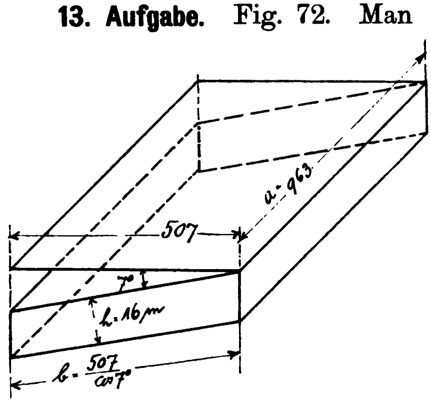


Fig. 72.

$b = \dfrac{507}{cos\ 7^0}$ m. Das Volumen der Kohle ist also

$$V = a\,.\,b\,.\,h \text{ cbm}$$

$$= 963\,.\,\frac{507}{cos\ 7^0} \cdot 16 \text{ cbm,}$$

das Gewicht $\qquad G_1 = 963\,.\,\dfrac{507}{cos\ 7^0} \cdot 16\,.\,1{,}35$ t

und bei 25 % Abbauverlust

$$G = 963\,.\,\frac{507}{cos\ 7^0} \cdot 16\,.\,1{,}35\,.\,0{,}75 \text{ t} = 7\,968\,500 \text{ t}$$

$$= \text{rund } 7\,968 \text{ Kilotonnen.}$$

14. Aufgabe. Fig. 73. $V = \frac{G}{s} = \frac{324}{7,3} = 44,383$ cdm.

Da $l = 36,2$ dm, so ist

$$F = \frac{V}{l} = \frac{44,383}{36,2} = 1,226 \text{ qdm.}$$

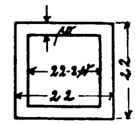


Fig. 73.

Der Flächeninhalt des Querschnittes ergibt sich als Differenz zweier Quadrate:

$$2,2^2 - (2,2 - 2\,w)^2 = 1,226$$
$$-4\,w^2 + 8,8\,w = 1,226.$$
$$w^2 - 2,2\,w = -0,3065$$
$$w_1 = 2,05 \text{ dm}$$
$$w_2 = 0,15 \text{ dm} = 15 \text{ mm},$$

von welchen Werten nur der letztere gültig ist.

15. Aufgabe. Das Volumen eines Ziegelsteines ist

$$V = 2,5 \,.\, 1,2 \,.\, 0,65 = 1,95 \text{ cdm.}$$

Also ist für $s_1 = 1,4$ $G_1 = 1,95 \,.\, 1,4 = 2,73$ kg.
$s_2 = 2,2$ $G_2 = 1,95 \,.\, 2,2 = 4,29$ kg.
$s_3 = 1,6$ $G_3 = 1,95 \,.\, 1,6 = 3,12$ kg.
$s_4 = 2,3$ $G_4 = 1,95 \,.\, 2,3 = 4,485$ kg.

Das Gewicht eines gewöhnlichen Ziegelsteines schwankt demnach zwischen 2,73 kg und 4,29 kg, das eines Klinkers zwischen 3,12 kg und 4,48 kg.

16. Aufgabe. $s = \frac{G}{V} = \frac{3,21}{1,95} = 1,65.$

17. Aufgabe. Fig. 74. Die Querschnittsfläche wird in 3 Rechtecke zerlegt (durch die punktierten Linien kenntlich gemacht), demnach ist

$$F = 1,8 \,.\, 0,32 + 0,95 \,.\, 0,3 + 1,6 \,.\, 0,25$$
$$\doteq 1,261 \text{ qdm,}$$

da die Länge $l = 47,6$ dm ist, so wird

$$G = 1,261 \,.\, 47,6 \,.\, 7,3 = 438 \text{ kg.}$$

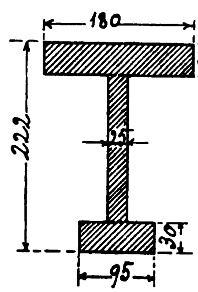


Fig. 74.

18. Aufgabe. $l = 160$ dm; $d = 1{,}05$ dm.

$$F = \frac{d^2 \pi}{4} = \frac{1{,}05^2 \pi}{4} = 0{,}8659 \text{ qdm.}$$

$$V = 0{,}8659 \,.\, 160 = 138{,}544 \text{ cdm.}$$

$$G = 138{,}544 \,.\, 7{,}8 = \text{rund } 1081 \text{ kg.}$$

19. Aufgabe. $l = 23$ dm; $d = 1{,}8$ dm

$$F = \frac{d^2 \pi}{4} = \frac{1{,}8^2 \pi}{4} = 2{,}5447 \text{ qdm.}$$

$$V = 2{,}5447 \,.\, 23 = 58{,}53 \text{ cdm.}$$

$$s = \frac{G}{V} = \frac{456{,}5}{58{,}53} = 7{,}8.$$

20. Aufgabe. Für das Modellstück ist $G_2 = V . s_2$, also

$$V = \frac{G_2}{s_2} = \frac{34}{0{,}56} = 60{,}7 \text{ cdm.}$$

Dasselbe Volumen V hat das Gußstück; also ist das Gewicht des Gußstückes

$$G_1 = V . s_1 = 60{,}7 \,.\, 7{,}5 = 455{,}25 \text{ kg.}$$

21. Aufgabe. Das Volumen des Gipsmodells ist

$$V = \frac{33}{0{,}97} = 34 \text{ cdm.}$$

Das Volumen V der Glocke ist dasselbe; ihr Gewicht G_1 ist also

$$G_1 = V . s_1 = 34 \,.\, 8{,}81 = 300 \text{ kg.}$$

22. Aufgabe. Ist für die feste Kohle das Volumen V cbm und das spezifische Gewicht s und für die aus dieser Menge V der festen Kohle entstandene geschüttete Kohle das Volumen V_1 cbm und das spezifische Gewicht s_1, so gilt die Gleichung

$$G = V . s = V_1 . s_1,$$

da das Gewicht G der Kohle dasselbe geblieben ist. Aus dieser Gleichung ergibt sich

$$s_1 = \frac{V}{V_1} \cdot s$$

und, da das Verhältnis $\frac{V_1}{V} = \sigma$, dem Schüttungskoeffizienten ist,

$$\text{I. } s_1 = \frac{s}{\sigma};$$

d. h. Man findet das spezifische Gewicht der geschütteten Kohle, indem man das spezifische Gewicht der festen Kohle durch den Schüttungskoeffizienten dividiert.

Aus $\frac{V_1}{V} = \sigma$ ergibt sich ferner

$$\text{II. } V_1 = V \,.\, \sigma;$$

d. h.: Man findet das Volumen der geschütteten Kohle, indem man das Volumen der festen Kohle mit dem Schüttungskoeffizienten multipliziert.

Hier ist $V_1 = 11 \,.\, 8 \,.\, 9 = 792$ cdm

$$s_1 = \frac{s}{\sigma} = \frac{1{,}2}{1{,}5} = 0{,}8, \text{ mithin}$$

$$G = 792 \,.\, 0{,}8 = 633{,}6 \text{ kg} = 12^2/_3 \text{ Zentner.}$$

23. Aufgabe. Es ist $V_1 = \frac{500}{4} = 125$ cdm.

Bezeichnet man die lichten Maße mit $3x$, $4x$, $5x$, so ist

$$V_1 = 3x \,.\, 4x \,.\, 5x = 60x^3 \text{ cdm.}$$

Also ist $60x^3 = 125$

$$x^3 = 2{,}083, \quad x = 1{,}277.$$

Also ist die Höhe $h = 3 \,.\, 1{,}277 = 3{,}8$ dm

die Breite $b = 4 \,.\, 1{,}277 = 5{,}1$ dm

und die Länge $l = 5 \,.\, 1{,}277 = 6{,}4$ dm.

24. Aufgabe. Das spezifische Gewicht des losen Gesteines (siehe 22. Aufgabe) ist

$$s_1 = \frac{s}{\sigma} = \frac{2{,}7}{1{,}5} = 1{,}8.$$

Da $G = 10$ Zentner $= 500$ kg ist, so ist

$$V_1 = \frac{G}{s_1} = \frac{500}{1{,}8} = 277{,}8 \text{ cdm}.$$

Ist $h = 3x$, $b = 4x$, $l = 5x$ dm, so ist

$$V_1 = 3x \,.\, 4x \,.\, 5x = 60x^3 \text{ cdm, also}$$

$$60x^3 = 277{,}8$$

$$x = 1{,}667$$

Also $h = 5$ dm

$b = 6{,}7$ dm

$c = 8{,}4$ dm.

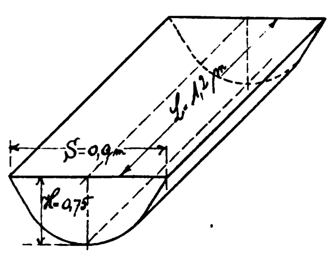


Fig. 75.

25. Aufgabe. Fig. 75. Für das Parabelsegment ist

$$F = \frac{2}{3} S \,.\, H = \frac{2}{3} .\, 9 \,.\, 7{,}5 = 45 \text{ qdm}$$

$$V = 45 \,.\, 12 = 540 \text{ cdm}$$

$$G = 540 \,.\, 1{,}65 \doteq 891 \text{ kg} = 17{,}82 \text{ Zentner.}$$

26. Aufgabe. $s = \frac{1{,}293}{1000} = 0{,}0013 = \frac{1}{773}.$

§ 2. Der Hebel.

27. Aufgabe. Fig. 76.

$$Pa = Qb$$

$$Q = P\frac{a}{b} = 150 \cdot \frac{140}{900} = 23{,}3 \text{ kg.}$$

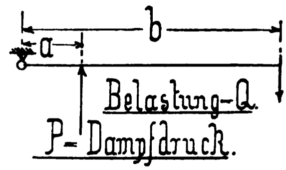


Fig. 76.

28. Aufgabe. $P = Q\frac{b}{a} = 22 \cdot \frac{700}{90} = 171$ kg.

29. Aufgabe. $b = a\frac{P}{Q} = 110 \cdot \frac{200}{25} = 880$ mm.

30. Aufgabe. $a = b\frac{Q}{P} = 1000 \cdot \frac{40}{432} = 92{,}6$ mm.

31. Aufgabe. Fig. 77.

$$P \cdot a = Q \cdot b + G \cdot c.$$

$$Q = \frac{Pa - Gc}{b} = \frac{400 \cdot 120 - 5 \cdot 400}{960} = 48 \text{ kg.}$$

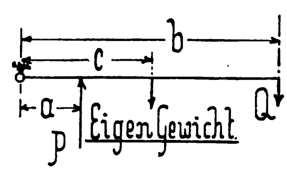


Fig. 77.

32. Aufgabe.

$$G = \frac{Pa - Qb}{c} = \frac{400 \cdot 110 - 42 \cdot 900}{400} = 15{,}5 \text{ kg.}$$

33. Aufgabe.

$$P = \frac{Qb + G \cdot c}{a} = \frac{36 \cdot 700 + 4 \cdot 290}{100} = \text{rund } 264 \text{ kg.}$$

34. Aufgabe.

$$c = \frac{Pa - Qb}{G} = \frac{400 \cdot 90 - 50 \cdot 692}{4} = 350 \text{ mm.}$$

35. Aufgabe.

$$b = \frac{Pa - G \cdot c}{Q} = \frac{380 \cdot 90 - 5 \cdot 300}{40} = 818 \text{ mm.}$$

36. Aufgabe.

$$a = \frac{Q \cdot b + G \cdot c}{P} = \frac{40 \cdot 1000 + 6 \cdot 450}{500} = 85 \text{ mm.}$$

37. Aufgabe. Fig. 77 u. 78. Das Gewicht des Ventils wirkt dem Dampfdruck P entgegen, so daß nur die Diffe-

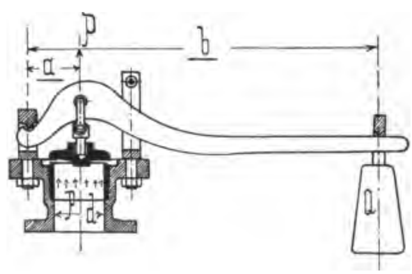


Fig. 78.

renz $(P - 2)$ kg am Hebelarm $a = 100$ mm zur Wirkung kommt. Die Momentengleichung ist also

$$(P - 2)\, a = G_2 \cdot c + Q \cdot b.$$

$$P - 2 = \frac{G_2 \cdot c + Q \cdot b}{a} = \frac{7{,}5 \cdot 400 + 30 \cdot 750}{100} = 255 \text{ kg.}$$

$$P = 257 \text{ kg.}$$

Die Querschnittsfläche des Ventils ist $f = \frac{d^2 \pi}{4} = \frac{6^2 \pi}{4} = 28{,}27$ qcm, also ist der Druck auf 1 qcm Fläche

$$p = \frac{P}{f} = \frac{257}{28{,}27} = 9{,}1 \text{ kg oder Atmosphären Überdruck.}$$

38. Aufgabe. Fig. 79. Die Momentengleichung für das Gleichgewicht ist

$$\underline{P(a+b) = N \cdot a.}$$

$$N = \frac{P(a+b)}{a} = 10 \cdot \frac{750}{150} = 50 \text{ kg.}$$

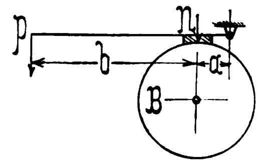


Fig. 79.

39. Aufgabe.

$$b = a \cdot \frac{N-P}{P} = 150 \cdot \frac{50}{10} = 750 \text{ mm.}$$

40. Aufgabe. $a = b \cdot \frac{P}{N-P} = 600 \cdot \frac{15}{55} = 163{,}6 \text{ mm.}$

41. Aufgabe. $P = \frac{N \cdot a}{a+b} = 50 \cdot \frac{150}{700} = 10{,}7 \text{ kg.}$

42. Aufgabe. Fig. 80. Die Gleichung für das Gleich-Gewicht ist

$$\underline{P(a+b) = Q \cdot a.}$$

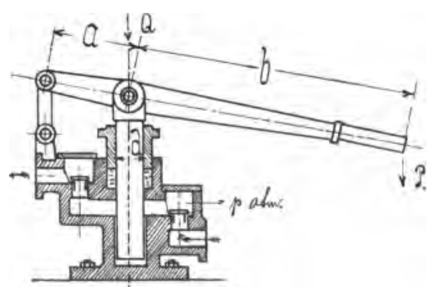


Fig. 80.

Für den Kolbendruck Q gilt die Gleichung

$$Q = \frac{d^2\pi}{4} \cdot p,$$

worin d in cm eingesetzt werden muß, da p den Druck auf 1 qcm Fläche bedeutet.

$$Q = \frac{3^2\pi}{4} \cdot 6{,}3 = 44{,}54 \text{ kg.}$$

$$P = Q \cdot \frac{a}{a+b} = 44{,}54 \cdot \frac{100}{450} = \text{rd. } 10 \text{ kg.}$$

43. Aufgabe. $Q = \frac{4^2\pi}{4} \cdot 7 = 88$ kg.

$$b = a \cdot \frac{Q - P}{P} = 100 \cdot \frac{73}{15} = 486{,}7 \text{ mm.}$$

44. Aufgabe. $Q = \frac{3^2\pi}{4} \cdot 8 = 56{,}56$ kg.

$$a = b \cdot \frac{P}{Q - P} = 400 \cdot \frac{17}{39{,}56} = 172 \text{ mm.}$$

45. Aufgabe. $Q = \frac{P(a+b)}{a} = 16 \cdot \frac{510}{110} = 74$ kg.

$$p = \frac{Q}{\frac{d^2\pi}{4}} = \frac{74}{12{,}57} = 5{,}9 \text{ atm.}$$

46. Aufgabe. $Q = \frac{P(a+b)}{a} = \frac{10 \cdot 390}{90} = 43{,}3$ kg.

$$\frac{d^2\pi}{4} = \frac{Q}{p} = \frac{43{,}33}{5} = 8{,}67 \text{ qcm.}$$

$$d = 33 \text{ mm.}$$

47. Aufgabe. Fig. 81. Das Gewicht des Balkens auf 1 m Länge ist

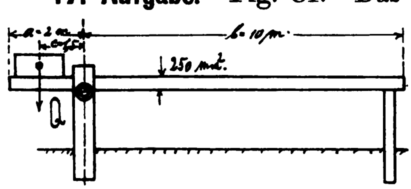


Fig. 81.

$$G = 2{,}5^2 \,.\, 10 \,.\, 0{,}55 \text{ kg}$$

(nach der Formel $F \,.\, l \,.\, s$).

$$G = 34{,}375 \text{ kg.}$$

Das kurze Ende des Schlagbaumes, auf der Seite des Gegengewichts, hat bei 2 m Länge also das Gewicht

$$G_1 = 68{,}75 \text{ kg}$$

Das lange Ende bei 10 m Länge

$$G_2 = 343{,}75 \text{ kg.}$$

Die Momentengleichung ist

$$G_1 \cdot \frac{a}{2} + Q \cdot c = G_2 \cdot \frac{b}{2},$$

da die Gewichte G_1 und G_2 in den auf den halben Längen liegenden Schwerpunkten der Balkenseiten angreifen. Danach ist

$$Q = \frac{G_2 \cdot \frac{b}{2} - G_1 \cdot \frac{a}{2}}{c} = \frac{343{,}75 \,.\, 5 - 68{,}75 \,.\, 1}{1{,}5} = 1100 \text{ kg}.$$

Bei dieser Ausbalancierung bleibt der Schlagbaum in allen Stellungen sicher im Gleichgewicht wegen der im Drehzapfen auftretenden Reibung.

48. Aufgabe. Fig. 82. Es ist $h : H = b : a$, also

$$h = H \cdot \frac{b}{a} = 1{,}7 \cdot \frac{240}{1200} = 0{,}34 \text{ m}.$$

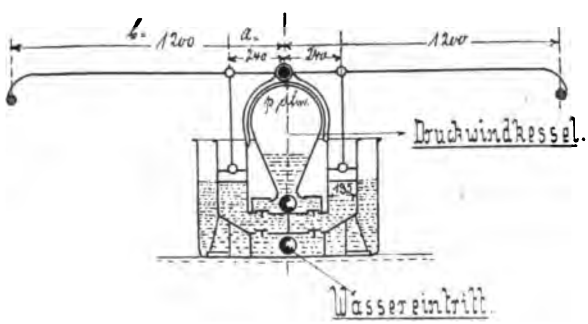


Fig. 82.

49. Aufgabe. Ist P_1 kg der Gesamt-Druck, mit dem die Mannschaft arbeitet, so ist

$P_1 \,.\, a = P \,.\, b,$ also

$$P = \frac{P_1 \,.\, a}{b} = \frac{2 \,.\, 7 \,.\, 10 \,.\, 1200}{240} = 700 \text{ kg}.$$

Da $10\,\%$ auf Reibungsverluste in Abrechnung zu bringen sind, so ist wirklicher Druck

$$Pe = 700 \,.\, 0{,}9 = 630 \text{ kg}.$$

50. Aufgabe. Die Kolbenfläche ist

$$F = \frac{d^2 \pi}{4} = \frac{13{,}5^2 \, . \, \pi}{4} = 143 \text{ qcm},$$

also der Druck auf 1 qcm Fläche

$$p = \frac{Pe}{F} = \frac{630}{143} = 4{,}4 \text{ atm.}$$

51. Aufgabe. Die Wassermenge ist in der Minute

$$W = n \, . \, F \, . \, h = 90 \, . \, 1{,}43 \, . \, 3{,}4 = 438 \text{ Liter.}$$

Dabei mußte F in qdm und h in dm ausgedrückt werden, um Liter zu erhalten.

52. Aufgabe. Für 6,5 atm Wasserdruck müssen die Mannschaften im Verhältnis 4,4 : 6,5 vermehrt werden; es müssen also auf jeder Seite $7 \cdot \frac{6{,}5}{4{,}4}$ = rund 10 Mann arbeiten. Soll die Anzahl m der Mann auf jeder Seite der Wippe unabhängig von den Ausrechnungen der vorhergehenden Aufgaben bestimmt werden, so setzt man folgende Momentengleichung an: Ist F der Kolbenquerschnitt in qcm, p der Wasserdruck in Atmosphären, also in kg/qcm, so ist $F \, . \, p \, . \, b = 2 \, \text{m} \, . \, 10 \, . \, a \, . \, 0{,}9$, also

$$m = \frac{F \, . \, p \, . \, b}{2 \, . \, 10 \, . \, a \, . \, 0{,}9} = \frac{143 \, . \, 6{,}5 \, . \, 240}{2 \, . \, 10 \, . \, 1200 \, . \, 0{,}9} = \text{rd. } 10 \text{ Mann.}$$

53. Aufgabe. Sollen dieselben 7 Mann, die vorher einen Wasserdruck von 4,4 Atmosphären erzeugten, jetzt 6,5 Atmosphären Druck erzeugen, so muß die Kraft von 10 kg, mit der jeder Mann arbeitet, im Verhältnis 4,4 : 6,5 vergrößert werden. Es ist also $K = \frac{10 \, . \, 6{,}5}{4{,}4} = 14{,}8$ kg.

K läßt sich unabhängig berechnen aus der Formel (siehe Aufgabe 52):

$$F \cdot p \cdot b = 2 \cdot m \cdot K \cdot a \cdot 0{,}9.$$

$$K = \frac{F \cdot p \cdot b}{2\,m \cdot a \cdot 0{,}9} = \frac{143 \cdot 6{,}5 \cdot 240}{2 \cdot 7 \cdot 1200 \cdot 0{,}9} = 14{,}8 \text{ kg}.$$

54. Aufgabe. Fig. 83. Arbeitshub $H = 1{,}75$ m, Gestängehub h m. Es ist

$h : H = b : a$, also

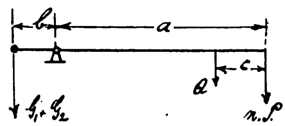


Fig. 83.

$$h = \frac{H \cdot b}{a} = \frac{1{,}75 \cdot 1{,}5}{6} = 0{,}4375 \text{ m}.$$

Ferner ist $Q \cdot (a - c) = G_1 \cdot b$, also

$$Q = \frac{G_1 \cdot b}{a - c} = \frac{500 \cdot 1{,}5}{4{,}5} = 166{,}7 \text{ kg}.$$

Endlich haben wir $n \cdot 20 \cdot a = G_2 \cdot b$, also

$$n = \frac{G_2 \cdot b}{20 \cdot a} = \frac{300 \cdot 1{,}5}{20 \cdot 6} = \text{rd. } 4 \text{ Mann}.$$

55. Aufgabe. $h = \frac{1{,}75 \cdot 1{,}5}{6{,}5} = 0{,}404$ m.

$$Q = \frac{1000 \cdot 1{,}5}{5} = 300 \text{ kg}.$$

$$n = \frac{250 \cdot 1{,}5}{20 \cdot 6{,}5} = 3 \text{ Arbeiter}.$$

56. Aufgabe. $h = \frac{1{,}75 \cdot 1{,}5}{7} = 0{,}375$ m.

$$Q = \frac{3000 \cdot 1{,}5}{6} = 750 \text{ kg}.$$

$$n = \frac{450 \cdot 1{,}5}{20 \cdot 7} = 5 \text{ Mann}.$$

57. Aufgabe. Aus $h : H = b : a$ ergibt sich

$$(h + H) : H = (b + a) : a$$

also $a = \frac{H(b + a)}{h + H} = \frac{1{,}75 \, . \, 7{,}5}{0{,}6 + 1{,}75} = 5{,}586$ m.

und mithin $b = 1{,}914$ m.

$$Q = \frac{G_1 \, . \, b}{a - c} = \frac{500 \, . \, 1{,}914}{4{,}086} = 234 \text{ kg.}$$

$$n = \frac{G_2 \, . \, b}{20 \, . \, a} = \frac{300 \, . \, 1{,}914}{20 \, . \, 5{,}586} = 5 \text{ Mann.}$$

58. Aufgabe. Querschnitt des Gestänges

$$F = 2{,}5 \, . \, 2{,}5 = 6{,}25 \text{ qcm.}$$

Volumen für 100 m Länge

$$V = 6{,}25 \, . \, 10000 = 62500 \text{ ccm.}$$
$$= 62{,}5 \text{ cdm.}$$

Also das Gewicht auf 100 m Länge

$$G = 62{,}5 \, . \, 7{,}8 = 487{,}5 \text{ kg.}$$

Aus $Q_1 \, . \, (a - c) = G \, . \, b$ ergibt sich

$$Q_1 = \frac{G \, . \, b}{a - c} = \frac{487{,}5 \, . \, 1{,}5}{4{,}5} = 162{,}5 \text{ kg.}$$

Bei 600 m Teufe ist das Gestängegewicht 6 mal so groß, also das Gegengewicht

$$Q_2 = 6 \, . \, 162{,}5 = 975 \text{ kg.}$$

Das Gestängegewicht wird jedes Mal ausbalanciert durch das Gegengewicht Q; bei gleichbleibendem Schlaggewicht G_2 ist also der Kraftbedarf ständig derselbe, die Zahl der Arbeiter also auch.

59. Aufgabe. Fig. 84. In der Zugstange CD wirkt der Zug X. Dann ist

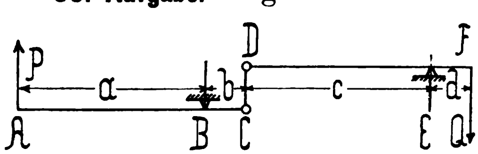


Fig. 84.

$$P \, . \, a = X \, . \, b \text{ und}$$
$$\underline{X \, . \, c = Q \, . \, d}$$
$$P \, . \, a \, . \, c = Q \, . \, b \, . \, d \, ,$$

also
$$Q = P \cdot \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} = 12 \cdot \frac{1000}{200} \cdot \frac{850}{180}$$
$$= 283{,}3 \text{ kg.}$$

60. Aufgabe. Fig. 85. Mit Bezug auf X als Drehpunkt gilt die Momentengleichung

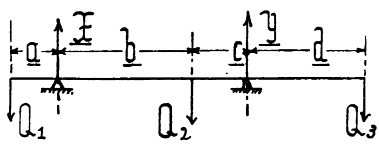


Fig. 85.

$$Y(b+c) + Q_1 . a = Q_2 . b + Q_3 (b + c + d)$$
$$Y = \frac{Q_2 b + Q_3 (b + c + d) - Q_1 . a}{b + c}$$
$$= \frac{1300 . 500 + 700 . 1200 - 400 . 300}{800}$$
$$= 1712{,}5 \text{ kg.}$$

Mit Bezug auf Y als Drehpunkt haben wir
$$X(b + c) + Q_3 . d = Q_1 (a + b + c) + Q_2 . c$$
$$X = \frac{Q_1 (a + b + c) + Q_2 . c - Q_3 . d}{b + c}$$
$$= \frac{400 . 1100 + 1300 . 300 - 700 . 400}{800}$$
$$= 687{,}5 \text{ kg.}$$

Zur Probe: $X + Y = Q_1 + Q_2 + Q_3$
$$2400 = 2400.$$

61. Aufgabe. Fig. 86. Für Y als Drehpunkt ist
$$X(a + b + c) + Q_3 . d = Q_1 (b + c) + Q_2 . c$$
$$X = \frac{Q_1 (b + c) + Q_2 . c - Q_3 . d}{a + b + c}$$

$$X = \frac{600 . 900 + 200 . 300 - 2000 . 500}{1300}$$
$$= - 307{,}7 \text{ kg.}$$

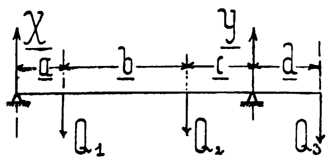


Fig. 86.

Das negative Vorzeichen des Stützendruckes X gibt an, daß die Stütze nicht unten, sondern oben anzubringen ist, sodaß das Moment $X(a + b + c)$ nicht, wie zuerst angenommen wurde, ein rechtsdrehendes, sondern ein linksdrehendes wird. Zur Berechnung von Y gilt dann die Gleichung

$$Y = X + Q_1 + Q_2 + Q_3,$$

worin X mit $+$ Zeichen zu setzen ist. Es ist also

$$Y = 307{,}7 + 600 + 200 + 2000$$
$$= 3107{,}7 \text{ kg.}$$

Y konnte auch selbständig berechnet werden durch Aufstellung der Momentengleichung für X als Drehpunkt.

62. Aufgabe. Fig. 87. Die Resultante ist

$$R = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 1800 + 720 + 1200$$
$$= 3720 \text{ kg.}$$

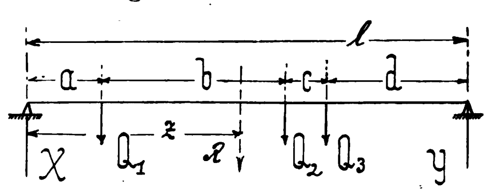


Fig. 87.

Ist z mm die Entfernung des Angriffspunktes der Resultante von der Stütze X, so ist

$$R . z = Q_1 . a + Q_2 (a + b) + Q_3 (a + b + c),$$

also

$$z = \frac{1800 . 300 + 720 . 880 + 1200 . 980}{3720} = 631{,}6 \text{ mm.}$$

Es gelten mithin die Gleichungen

$$x + y = R$$
$$x : y = (l - z) : z$$

oder

$$x + y = 3720$$
$$x : y = 1008{,}4 : 631{,}6,$$

da $l = 1640$ mm ist.

Man setze $x = 1008{,}4\ u$ und $y = 631{,}6\ u$, dann ergibt sich

$$x + y = 1640\, u = 3720,$$

also

$$u = 2{,}27$$

und

$$x = 1008{,}4 \,.\, 2{,}27 = 2287{,}3 \text{ kg}$$
$$y = 631{,}6 \,.\, 2{,}27 = 1432{,}7 \text{ kg.} -$$

Ein anderer Weg der Lösung ergibt sich aus der Gleichung

$$R \,.\, z = Y \,.\, l,$$

woraus

$$Y = \frac{R \,.\, z}{l} = \frac{3720 \,.\, 631{,}6}{1640} = 1432{,}7 \text{ kg},$$

folgt, und aus $X + Y = R$, woraus

$$X = R - Y = 3720 - 1432{,}7 = 2287{,}3 \text{ kg}$$

folgt.

§ 3. Der Schwerpunkt.

63. Aufgabe. Fig. 88. Man zerlege den Querschnitt in die 3 Flächen

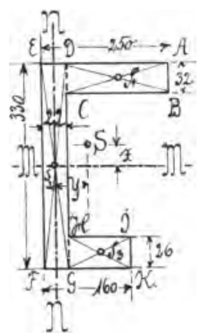


Fig. 88.

$ABCD = F_1 = 32 . 228 = 7296$ qmm
$DEFG = F_2 = 22 . 330 = 7260$ qmm
$GHIK = F_3 = 26 . 138 = 3588$ qmm

Dann ist die Gesamtfläche $F = 18144$ qmm.

Wir nehmen als erste Drehachse die Gerade MM, welche durch den Schwerpunkt von F_2 hindurch geht. Dann ist das Moment von F_2 inbezug auf MM gleich Null, und die Momentengleichung lautet, wenn die Abstände der Schwerpunkte der Flächen F_1, F_3 und F von der Drehachse MM mit x_1, x_3 und x bezeichnet werden,

$$F . x = F_1 x_1 - F_3 x_3.$$

Also ist
$$x = \frac{F_1 x_1 - F_3 x_3}{F}$$
$$= \frac{7296 . 149 - 3588 . 152}{18144}$$
$$= 29{,}8 = \text{rd. } 30 \text{ mm}.$$

Als zweite Drehachse nehmen wir die ebenfalls durch den Schwerpunkt von F_2 gehende Gerade NN; dann ist

$$F . y = F_1 y_1 + F_3 y_3,$$

also
$$y = \frac{F_1 y_1 + F_3 y_3}{F}$$
$$= \frac{7296 . 125 + 3588 . 80}{18144}$$
$$= 66 \text{ mm}.$$

Der Schwerpunkt der Querschnittsfläche liegt also 30 mm über Mitte Steg und 66 mm rechts von Mitte Steg.

64. Aufgabe. Fig. 89. Da dieser Querschnitt ein symmetrischer ist, so liegt der Schwerpunkt S auf der Symmetrie-Achse; es ist also

$$x = 0.$$

Gegenüber der vorigen Aufgabe ist hier

$F_3 = F_1$; $F = F_1 + F_2 + F_3 = 21852$;

und $y_3 = y_1$, also

$F \cdot y = 2\, F_1 y_1$ und

$$y = \frac{2\, F_1 y_1}{F} = \frac{2 \cdot 7296 \cdot 125}{21852} = 83 \text{ mm.}$$

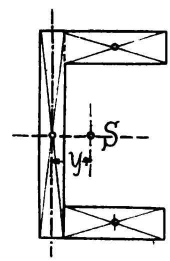


Fig. 89.

65. Aufgabe. Fig. 90. Man zerlegt den Querschnitt in

$ABCD = F_1 = 200 \cdot 24 = 4800$ qmm
$EFGH = F_2 = 318 \cdot 15 = 4770$ qmm
$IKLN = F_3 = 140 \cdot 18 = 2520$ qmm

Die Gesamtfläche $F = 12090$ qmm.

Für MM als Drehachse gilt die Momentengleichung

$F \cdot x = F_1 x_1 + F_2 x_2 + F_3 x_3$. Es ist also

$$x = \frac{F_1 x_1 + F_2 x_2 + F_3 x_3}{F}$$

$$x = \frac{4800 \cdot 348 + 4770 \cdot 177 + 2520 \cdot 9}{12090}$$

$x =$ rd. 210 mm.

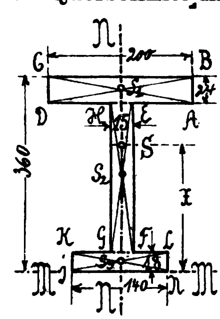


Fig. 90.

Da der Querschnitt eine symmetrische Figur ist, so liegt der Schwerpunkt auf der Symmetrieachse NN um 210 mm von der unteren Flanschkante MM entfernt.

66. Aufgabe. Fig. 91. Man zerlegt den Querschnitt in

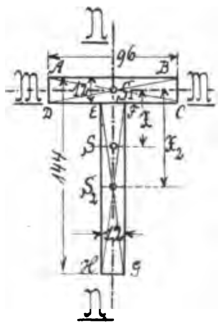


Fig. 91.

$$ABCD = F_1 = 96 \,.\, 12 = 1152 \text{ qmm}$$
$$EFGH = F_2 = 132 \,.\, 21 = 1584 \text{ qmm}$$
$$F = F_1 + F_2 = 2736 \text{ qmm.}$$

Für MM als Drehachse ist

$$Fx = F_2 x_2,$$

also $x = \frac{F_2 x_2}{F} = \frac{1584 \,.\, 72}{2736} = 41{,}6$ mm.

Der Schwerpunkt liegt auf der Symmetrieachse NN um 47,6 mm von der oberen Flanschkante entfernt.

67. Aufgabe. Fig. 92. Man zerlegt den Querschnitt in

$$ABCD = F_1 = 80 \,.\, 96 = 7680 \text{ qcm}$$

und

$$BCE = F_2 = 45 \,.\, 48 = 2160 \text{ qcm}$$
$$F = F_1 + F_2 = 9840 \text{ qcm.}$$

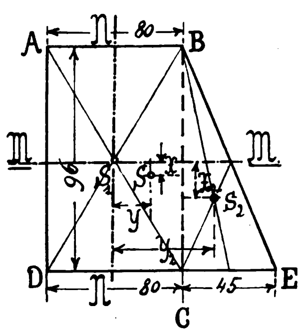


Fig. 92.

Für MM als Achse gilt

$$F \,.\, x = F_2 x_2.$$

Also ist $x = \frac{F_2 x_2}{F} = \frac{2160 \,.\, 16}{9840}$,

denn

$$x_2 = \frac{h}{2} - \frac{h}{3} = \frac{h}{6} = \frac{96}{6} = 16 \text{ cm.}$$
$$x = 3{,}5 \text{ cm.}$$

Für NN als Drehachse gilt

$$F \,.\, y = F_2 \,.\, y_2.$$

Es ist $y_2 = \frac{a}{2} + \frac{b - a}{3} = 40 + 15 = 55$ cm.

Also ist $y = \frac{2160 \,.\, 55}{9840} = 12$ cm.

Der Schwerpunkt S liegt demnach von der linken

Seite h um 52 cm und von der unteren Seite b um 44,5 cm entfernt.

68. Aufgabe. Fig. 93. Man zerlegt den Querschnitt in

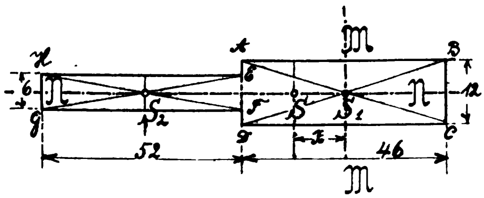


Fig. 93.

$$ABCD = F_1 = 46 \,.\, 12 = 552 \text{ qmm} \quad \text{und}$$
$$EFGH = F_2 = 52 \,.\, 6 = 312 \text{ qmm}$$
$$F = F_1 + F_2 = 864 \text{ qmm}.$$

Mit Bezug auf MM als Drehachse ist

$$F \,.\, x = F_2 x_2.$$
$$x_2 = 26 + 23 = 49 \text{ mm}.$$
$$x = \frac{312 \,.\, 49}{864} = 17{,}7 \text{ mm}.$$

Der Schwerpunkt S liegt auf der Symmetrie-Achse NN um 40,7 mm von der Kante BC entfernt.

§ 4. Guldin'sche Regel.

Bezeichnungen zu den folgenden Aufgaben:

D_s = Durchmesser des Schwerpunktskreises.
$U_s = D_s \,.\, \pi$ = Umfang des Schwerpunktskreises.
U = Umfang der erzeugenden Linie.
F = Inhalt der erzeugenden Fläche.
$O = U \,.\, U_s = U \,.\, D_s \,.\, \pi$ = Inhalt der erzeugten Rotations-Oberfläche.
$V = F \,.\, U_s = F \,.\, D_s \,.\, \pi$ = Inhalt des erzeugten Rotations-Körpers.

Man beachte, daß der Schwerpunkt einer Linie im allgemeinen nicht mit dem Schwerpunkte der von der Linie eingeschlossenen Fläche zusammenfällt.

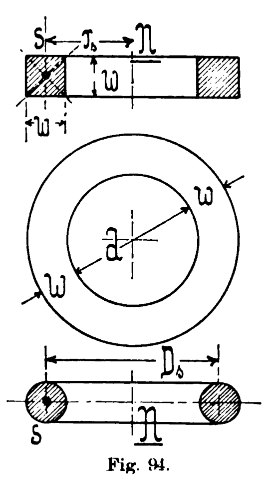


Fig. 94.

69. Aufgabe. Fig. 94. Die erzeugende Linie ist der Umfang des Querschnittes

$$U = 4\,w = 200 \text{ mm}.$$

Der Schwerpunkt des Umfanges ist S, der Schnittpunkt der Diagonalen. S ist von der Rotationsachse NN entfernt um

$$r_s = \frac{d}{2} + \frac{w}{2} = 275 \text{ mm}.$$

Also ist $D_s = 550$ mm,
folglich $U_s = D_s \,.\, \pi = 550 \,.\, \pi$ und
$O = U \,.\, U_s = 200 \,.\, 550\,\pi = 345580$ qmm
$= 3455{,}80$ qcm.

70. Aufgabe. Fig. 94. Es ist

$$F = w^2 = 60^2 \text{ qmm},$$
$$D_s = d + w = 460 \text{ mm},$$
$$U_s = D_s \,.\, \pi = 460\,\pi \text{ mm},$$

also
$$V = F \,.\, D_s \,.\, \pi = 60^2 \,.\, 460\,\pi \text{ cmm}$$
$$V = \frac{60^2 \,.\, 460\,\pi}{1\,000\,000} \text{ cdm}$$

und mithin
$$G = V \,.\, s = \frac{60^2 \,.\, 460\,\pi \,.\, 7{,}3}{1\,000\,000} \text{ kg} = 37{,}975 \text{ kg}.$$

71. Aufgabe. Fig. 94. Es ist

$$U = w \,.\, \pi = 50\,\pi \text{ mm},$$
$$D_s = d + w = 650 \text{ mm},$$
$$U_s = 650\,\pi \text{ mm}.$$
$$O = 50\,\pi \,.\, 650\,\pi \text{ qmm}$$
$$= 320700 \text{ qmm}$$
$$= 3207 \text{ qcm}.$$

72. Aufgabe. Fig. 94. Es ist

$$F = \frac{w^2 \,.\, \pi}{4} = \frac{0{,}76^2\pi}{4} \text{ qdm}$$
$$D_s = d + w = 6{,}76 \text{ dm}$$
$$U_s = 6{,}76\,\pi \text{ dm}$$
$$V = \frac{0{,}76^2\pi}{4} \,.\, 6{,}76\,\pi \text{ cdm},$$

also
$$G = \frac{0{,}76^2\pi}{4} \,.\, 6{,}76\,\pi \,.\, 7{,}3 = 70{,}3 \text{ kg}.$$

73. Aufgabe. Fig. 95. Die erzeugende Fläche ist ein Kreisring mit einem mittleren Durchmesser

$$\delta = d - w = 1{,}08 \text{ dm}.$$

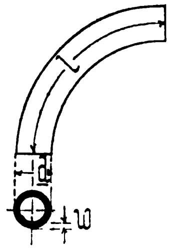


Fig. 95.

Es ist also

$$F = \delta \,.\, \pi \,.\, w = 1{,}08 \,.\, \pi \,.\, 0{,}12 \text{ qdm}$$
$$F = 0{,}407 \text{ qdm.}$$

Der Weg des Schwerpunktes ist gegeben

$$l = 12 \text{ dm;}$$

es ist also

$$V = 0{,}407 \,.\, 12 \text{ cdm} \quad \text{und}$$
$$G = 0{,}407 \,.\, 12 \,.\, 7{,}5 = 36{,}6 \text{ kg.}$$

74. Aufgabe. Fig. 95. Die äußere Fläche ist

$$O_1 = d\pi \,.\, l$$

die innere Fläche $O_2 = (d - 2\,w)\,\pi \,.\, l$

die gesamte Oberfläche

$$O = (2\,d - 2\,w)\,\pi\,l$$
$$= 291 \,.\, 2\,\pi \,.\, 1340 \text{ qmm}$$
$$= 0{,}291 \,.\, 2\pi \,.\, 1{,}340 \text{ qm.}$$

Die Anstrichkosten sind also

$$K = 0{,}291 \,.\, 2\,\pi \,.\, 1{,}340 \,.\, 0{,}75 = 1{,}84 \text{ M.}$$

75. Aufgabe. Fig. 96.

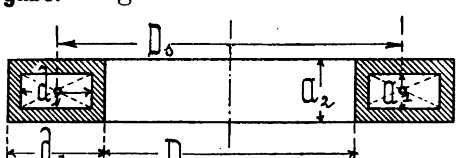


Fig. 96.

Es ist

$$F = a_2 d_1 - a_1 d_2$$
$$= 2{,}8 \,.\, 5 - 1{,}4 \,.\, 3{,}6 = 8{,}96 \text{ qdm.}$$
$$D_s = D + d_1 = 17 \text{ dm}$$
$$U_s = 17\,\pi \text{ dm}$$
$$V = 8{,}96 \,.\, 17\,\pi \text{ cdm}$$
$$G = 8{,}96 \,.\, 17 \,.\, \pi \,.\, 7{,}4 = 3540 \text{ kg.}$$

76. Aufgabe. Fig. 97. Der Körper setzt sich aus den von dem Rechteck $ABCD$ und dem Dreieck ADE beschriebenen Körpern zusammen.

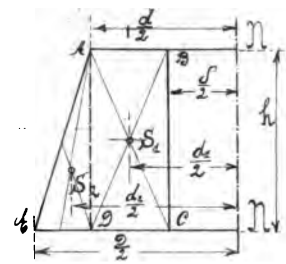


Fig. 97.

Es ist

$$AB = \frac{d}{2} - \frac{\delta}{2} = 3 \text{ cm},$$

$$BC = h = 27 \text{ cm},$$

$$ED = \frac{1}{2} D - \frac{1}{2} d = 4 \text{ cm},$$

also

$$ABCD = 27 \,.\, 3 = 81 \text{ qcm}$$

$$ADE = \frac{27 \,.\, 4}{2} = 54 \text{ qcm}.$$

Ferner

$$\frac{d_1}{2} = \frac{1}{2}\left(\frac{d + \delta}{2}\right) = 15{,}5 \text{ cm}.$$

$$\frac{d_2}{2} = \frac{d}{2} + \frac{1}{3} ED = 18{,}33 \text{ cm}.$$

S_1 beschreibt bei der Rotation also den Kreis

$$U_1 = 31\,\pi$$

und S_2 den Kreis $U_2 = 36{,}67\,\pi.$

Demnach ist

$$V_1 = 81 \,.\, 31\,\pi \text{ ccm}$$

und $V_2 = 54 \,.\, 36{,}67\,\pi$ ccm,

mithin $V = 81 \,.\, 31 \,.\, \pi + 54 \,.\, 36{,}67\,\pi = 14109$ ccm

$V = 14{,}109$ cdm oder l.

77. Aufgabe. Fig. 98. Das Volumen kann auch hier berechnet werden aus dem Querschnitt multipliziert mit dem ganzen Wege des Schwerpunktes der Querschnittsfläche, wenn wir uns diese um den Klärteich herum bewegt denken. Die Querschnittsfläche ist

$$F = (c + d)\,\frac{h}{2} = 3{,}1 \,.\, 0{,}4 = 1{,}24 \text{ qm}.$$

Der Weg des Schwerpunktes ist

$$U_s = 2\,a + (b + d)\,\pi = 36 + 8{,}2\,\pi = 61{,}76 \text{ m},$$

das Volumen also

$$V = F \,.\, U_s = 1{,}24 \,.\, 61{,}76 \text{ cbm} = 76{,}58 \text{ cbm}.$$

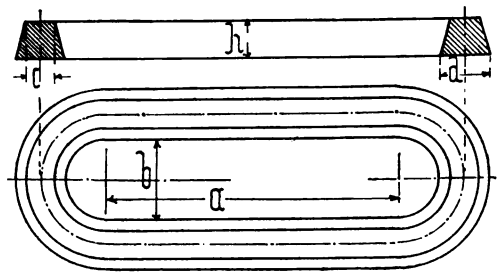


Fig. 98.

Die Fläche des Klärteiches ist

$$F_1 = a \,.\, b + \frac{b^2\pi}{4} = 18 \,.\, 6 + \frac{6^2\pi}{4} = 136{,}07 \text{ qm}.$$

Es würde also zum Aufschütten des Dammes genügen, den Klärteich auszuschachten um

$$h_1 = \frac{76{,}58}{136{,}07} = 0{,}563 \text{ m}.$$

Einschließlich der Höhe des Dammes würde der Klärteich dann eine Tiefe haben

$$H = h + h_1 = 0{,}80 + 0{,}563 = 1{,}363 \text{ m}.$$

78. Aufgabe. Fig. 99. Die Messingplatte setzt sich zusammen aus einem Zylinder, dessen Volumen

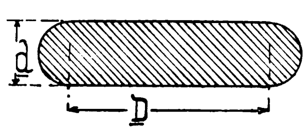


Fig. 99.

$$V_1 = \frac{D^2\pi}{4} \,.\, d = \frac{15^2\pi}{4} \,.\, 3{,}4 = 601 \text{ ccm}$$

ist, und aus einem Rotationskörper, dessen erzeugende Fläche ein Halbkreis

$$F = \frac{1}{2}\,\frac{d^2\pi}{4}$$

ist, welcher seinen Schwerpunkt um

$$r_s = \frac{D}{2} + \frac{2\,d}{3\,\pi}$$

von der Rotationsachse entfernt hat (Techn. Mech. S. 23).

Es ist also

$$V_2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{d^2\,\pi}{4} \cdot 2\left(\frac{D}{2} + \frac{2\,d}{3\,\pi}\right)\pi$$

$$= \frac{1}{2} \cdot \frac{3{,}4^2\,\pi}{4} \cdot \left(15\,\pi + \frac{4 \cdot 3{,}4}{3}\right)$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 9{,}0792 \cdot 51{,}657 = 234 \text{ ccm.}$$

Das gesamte Volumen ist also

$$V = V_1 + V_2 = 835 \text{ ccm}$$

und das Gewicht

$$G = 0{,}835 \cdot 8{,}3 = 6{,}930 \text{ kg.}$$

79. Aufgabe. Fig. 99. Die Oberfläche der Platte setzt sich aus den beiden Stirnflächen des Zylinders und einer durch Rotation einer Halbkreislinie entstehenden Fläche zusammen. Für letztere ist

$$U = \frac{1}{2}\,d\,\pi = 1{,}7\,\pi$$

Der Schwerpunkt der Halbkreislinie liegt (Techn. Mech. S. 23) um

$$r = \frac{1}{2}\,D + \frac{d}{\pi}$$

von der Achse der Platte entfernt, also ist

$$U_s = \left(D + \frac{2\,d}{\pi}\right)\pi$$

und somit

$$O_2 = \frac{1}{2}\,d\,\pi\left(D + \frac{2\,d}{\pi}\right)\pi = 1{,}7\,\pi\,(15\,\pi + 6{,}8)$$

$$O_2 = 288 \text{ qcm.}$$

Die beiden Stirnflächen sind zusammen

$$O_1 = 2 \cdot \frac{D^2 \pi}{4} = 2 \cdot \frac{15^2 \pi}{4} = 353{,}42 \text{ qcm.}$$

Es ist also

$$O = O_1 + O_2 = 641{,}42 \text{ qcm.}$$

80. Aufgabe. Fig. 100. Es ist

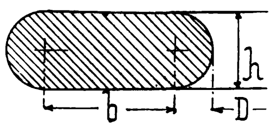


Fig. 100.

$$F = b \cdot h + \frac{h^2 \pi}{4} = 6 + 3{,}14 = 9{,}14 \text{ qcm.}$$

$$D_s = D + b + h = 34 \text{ cm.}$$

$$U_s = D_s \cdot \pi = 34\,\pi \text{ cm.}$$

$$V = 9{,}14 \cdot 34\pi \cdot \text{ccm} = 0{,}914 \cdot 0{,}34\pi \text{ cdm}$$

also
$$G = 0{,}914 \cdot 0{,}34\,\pi \cdot 7{,}6 = 7{,}42 \text{ kg.}$$

81. Aufgabe. Fig. 100. Es ist

$$U = 2b + h\,\pi = 12{,}28 \text{ cm}$$

$$U_s = 34\,\pi \text{ cm}$$

$$O = 12{,}28 \cdot 34\,\pi = 1312 \text{ qcm.}$$

§ 5. Die Reibung.

Es bezeichne N den Normaldruck (senkrecht zu den sich reibenden Flächen an der Reibstelle) und f den Reibungskoeffizienten; dann ist

die Reibung $R = f \,.\, N.$

Die Kraft P, welche die Reibung überwinden soll, muß größer als die Reibung sein; in der Rechnung wird ihr kleinster Wert R angegeben. Im Falle der Bremsung muß die treibende Kraft, welche gebremst werden soll, kleiner als die Reibung sein; in der Rechnung wird ihr größter Wert R angegeben.

82. Aufgabe. $P = 0{,}02 \,.\, 1000 = 20$ kg.

83. Aufgabe. $P = (300 + 1900)\, 0{,}08 = 176$ kg.
(6 Zentner = 300 kg; 38 Zentner = 1900 kg.)

84. Aufgabe. $f = \frac{R}{N}$; $N = 40$ Zentner $= 2000$ kg.

$$R = 2 \,.\, 60 \text{ kg} = 120 \text{ kg}.$$

$$f = \frac{120}{2000} = 0{,}06.$$

85. Aufgabe.

$N = G_1 + G_2 = 1{,}97 + 8{,}6 = 10{,}57 \text{ t} = 10570$ kg.

In gerader Strecke ist

$$P_1 = 10570 \,.\, 0{,}002 = 21{,}140 \text{ kg}.$$

In gekrümmter Strecke ist

$$P_2 = 2\, P_1 = 42{,}280 \text{ kg}.$$

86. Aufgabe. $N = 10000$ kg,
$R = 10000 \,.\, 0{,}07 = 700$ kg.

R wirkt am Umfange des Zapfens, also am Hebelarm $\frac{d}{2} = 130$ mm; es ist also das Reibungsmoment $= 700 \,.\, 130$ kg. mm.

P wirkt am Umfange des Rades, also ist das treibende Moment $= P \,.\, 5000$ kg. mm.

$$P \,.\, 5000 = 700 \,.\, 130.$$

$$P = \frac{700 \,.\, 130}{5000} = 18{,}2 \text{ kg.}$$

87. Aufgabe. Fig. 101. Das Reibungsmoment ist

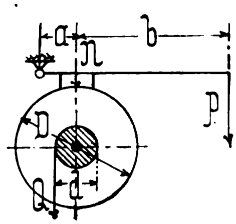


Fig. 101.

$$f \,.\, N \,.\, \frac{D}{2} = 0{,}5\, N \,.\, 500 \text{ kg. mm.}$$
$$= N \,.\, 250 \text{ kg. mm.}$$

Das Lastmoment ist

$$Q \,.\, \frac{d}{2} = 400 \,.\, 125 = 50000 \text{ kg. mm.}$$

Es muß sein

$$Q \,.\, \frac{d}{2} = f \,.\, N \,.\, \frac{D}{2}$$
$$50000 = N \,.\, 250$$
$$N = 200 \text{ kg.}$$

Das Hebelarmverhältnis ist $P : N = 10 : 200 = 1 : 20$.
Wird also $a = 5$ cm gewählt, so muß
$a + b = 100$ cm, also
$b = 95$ cm sein.

88. Aufgabe. Fig. 102. Sind die Spannungen in den Bremsbandteilen S_1 und S_2, so nimmt man an, daß

$$S_2 = 10 \,.\, S_1.$$

Das Lastmoment ist $Q \cdot \frac{d}{2}$; die Spannungsmomente sind $S_1 \cdot \frac{D}{2}$ und $S_2 \cdot \frac{D}{2}$, ihr Gesamtmoment ist linksdrehend $(S_2 - S_1)\,\frac{D}{2}$. Es gilt die Gleichung

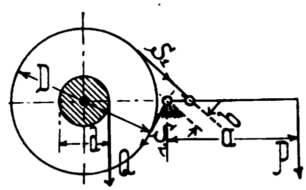


Fig. 102.

$$Q \cdot \frac{d}{2} = (S_2 - S_1)\frac{D}{2} \quad \text{oder}$$

$$Q \cdot d = (S_2 - S_1)\,D.$$

$$3600 \,.\, 500 = (S_2 - S_1) \,.\, 2000$$

$$S_2 - S_1 = 900 \text{ kg}$$

$$10\,S_1 - S_1 = 900 \text{ kg}$$

$$S_1 = 100 \text{ kg und } S_2 = 1000 \text{ kg}.$$

Für den Bremshebel ist

$$P \,.\, a = S_1 \,.\, b$$

$$P = \frac{S_1 \,.\, b}{a} = \frac{100 \,.\, 40}{800} = 5 \text{ kg}.$$

89. Aufgabe. Fig. 103. Es ist wie in der vorigen Aufgabe $S_1 = 100$ kg
$S_2 = 1000$ kg.

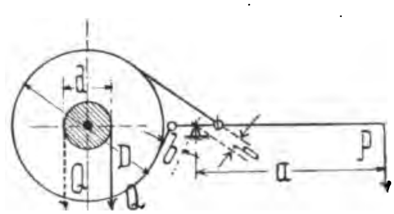


Fig. 103.

Für den Bremshebel ist aber

$$P \,.\, a = S_1 \,.\, b + S_2 \,.\, b$$

$$P = \frac{(S_1 + S_2)\,b}{a} = \frac{1100 \,.\, 40}{800} = 55 \text{ kg}.$$

90. Aufgabe. Fig. 104. Bei linksdrehender Last Q vertauschen in Aufgabe 88 die Spannungen ihre Werte.

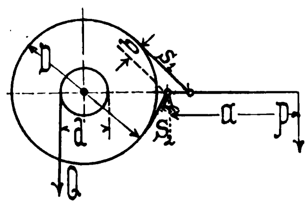


Fig. 104.

Es ist also

$$S_1 = 1000 \text{ kg}$$
$$S_2 = 100 \text{ kg}.$$

Die Bremshebel-Gleichung ist

$$P \,.\, a = S_1 \,.\, b$$

$$P = \frac{S_1 \,.\, b}{a} = \frac{1000 \,.\, 40}{800} = 50 \text{ kg}.$$

Für Aufgabe 89 bleibt der Wert für P der gleiche, da die rechte Seite der Momentengleichung

$$Pa = S_1 b + S_2 b$$

ihren Wert beibehält, auch wenn S_1 und S_2 ihre Werte vertauschen.

91. Aufgabe. Fig. 105. Das Reibungsmoment an dem

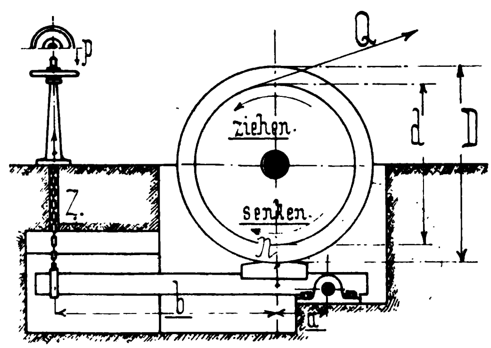


Fig. 105.

Umfange der Bremsscheibe ist

$$f \,.\, N \,.\, \frac{D}{2} = 0{,}4 \,.\, N \,.\, 2{,}5 = N \,\text{kgm}.$$

Das Lastmoment ist

$$Q \cdot \frac{d}{2} = 7000 \,.\, 2{,}25 = 15750 \text{ kgm.}$$

Es ist also $N = 15750$ kg.

Für den Hebel gilt die Momentengleichung

$$Z(a + b) = N \,.\, a$$

$$Z = \frac{N \,.\, a}{a + b} = \frac{15750 \,.\, 350}{4850} = 1139 \text{ kg.}$$

Die Schraube ist eine besondere Art der schiefen Ebene. Vergl. Aufgabe 165. Die Kraft, welche von dem Handrade auf den Umfang des Schraubenbolzens übertragen wird und deren Größe 12 P ist, da die Hebelübersetzung 1 : 12 beträgt, wirkt parallel der Basis der schiefen Ebene. Es verhält sich also, wenn die Reibung unberücksichtigt bleibt,

$$12\,P : Z = h : 2\,r\,\pi.$$

Danach wäre

$$12\,P = Z \,.\, \frac{h}{2\,r\,\pi}.$$

Die übertragene Kraft hat aber außerdem noch die Reibung zu überwinden, die 0,1 . Z ist. Diese Reibung wirkt zwar in der Gleitfläche, kann aber wegen des zu erwartenden kleinen Neigungswinkels in die Richtung der Antriebskraft 12 P verlegt werden. Es ist also

$$12\,P = Z \,.\, \frac{h}{2\,r\,\pi} + 0{,}1\,Z$$

$$12 \,.\, 15 = 1139 \,.\, \frac{h}{2\,r\,\pi} + 113{,}9$$

$$180 - 113{,}9 = 1139 \,.\, \frac{h}{2\,r\,\pi}$$

$$\frac{h}{2\,r\,\pi} = \frac{66{,}1}{1139} = \text{rd.}\,\frac{1}{17}.$$

92. Aufgabe. Bei einer Auspuffmaschine ist der Druck, welcher den Schieber gegen den Schieberspiegel drückt, gleich dem gegebenen Dampfüberdruck. Der gesamte Anpressungsdruck ist also

$$N = p \,.\, F = 8 \,.\, 300 \text{ kg},$$

worin F in qcm ausgedrückt werden muß, da der Dampfdruck inbezug auf 1 qcm gerechnet wird.

$$N = 2400 \text{ kg}.$$

Es ist also $P = f \,.\, N = 0{,}09 \,.\, 2400 = 216$ kg.

93. Aufgabe. Bei einer Kondensationsmaschine dagegen wird der Gegendruck des Dampfes im Innern des Zylinders

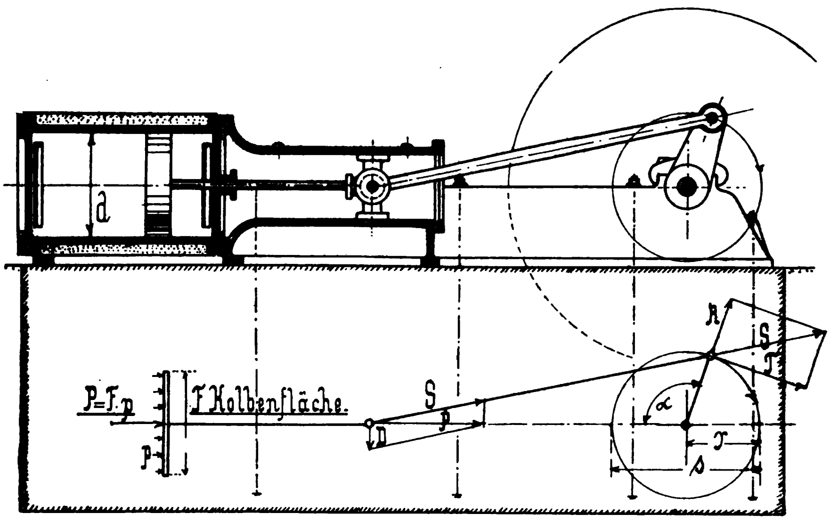


Fig. 106.

gleich 0 gesetzt, der auf dem Schieber lastende Druck beträgt also $(p + 1)$ Atmosphären. Demnach ist

$$N = (p + 1) \,.\, F = 9 \,.\, 300 = 2700 \text{ kg}$$

und $P = 0{,}09 \,.\, 2700 = 243$ kg.

94. Aufgabe. Fig. 106. Der Kolbendruck ist, da der Zylinderquerschnitt $F = 5000$ qcm ist,

$$P = p \,.\, F = 10 \,.\, 5000$$

$$P = 50000 \text{ kg}.$$

Dieser Kolbendruck ist graphisch zu zerlegen in den Führungsdruck D und die Stangenkraft S, nach der Anleitung der Fig. 106 im Kräftemaßstab 1 t = 50 mm. Die Zeichnung ist für die verschiedenen Kurbelwinkel α zu wiederholen. Die Größe von D ergibt sich dann aus der Zeichnung, und die Größe der Reibung in jedem Falle gleich 0,1 . D.

Man findet für

$\alpha = 15^0$	$D = 320$ kg und	$R = 32$ kg
$= 45^0$	$= 890$ „	$= 89$ „
$= 90^0$	$= 1267$ „	$= 127$ „
$= 135^0$	$= 875$ „	$= 88$ „
$= 180^0$	$= 0$ „	$= 0$ „
$= 255^0$	$= 1222$ „	$= 122$ „
$= 315^0$	$= 890$ „	$= 89$ „

§ 6. Gleichförmige Bewegung.

95. Aufgabe. $s = c \cdot t$ (s in m; c in m/sec; t in sec).
Teufe $= 4 \cdot 65 = 260$ m.

96. Aufgabe. $t = \frac{s}{c} = \frac{480}{7{,}5} = 64$ Sekunden.

97. Aufgabe. Ist der Durchmesser des Druckrohres d mm, so ist der Querschnitt $F = \frac{d^2\pi}{4}$ qmm; die Geschwindigkeit des Wassers im Druckrohr ist $c = 2000$ mm/sec; es fließen also in der Sekunde

$$\frac{d^2\pi}{4} \cdot 2000 \text{ cmm}$$

und in der Stunde

$$Q = \frac{d^2\pi}{4} \cdot 2000 \cdot 60 \cdot 60 \text{ cmm}$$

Wasser durch das Rohr. Diese Menge Q soll 70 cbm $=$ $70 \cdot 1000 \cdot 1000 \cdot 1000$ cmm betragen, also gilt die Gleichung

$$\frac{d^2\pi}{4} \cdot 2000 \cdot 60 \cdot 60 = 70 \cdot 1000 \cdot 1000 \cdot 1000.$$

Es folgt $$\frac{d^2\pi}{4} = \frac{70 \cdot 1000 \cdot 10}{2 \cdot 6 \cdot 6} = 9722 \text{ qmm}$$

und $$d = 111 \text{ mm}.$$

98. Aufgabe. Es gilt die Gleichung

$$\frac{250^2\pi}{4} \cdot c \cdot 60 = 2{,}5 \cdot 1000 \cdot 1000 \cdot 1000 \text{ cmm},$$

wenn alle Maße in mm bezw. c in mm/sec angegeben sind. Da c aber meist in m/sec angegeben wird, so erhält man, wenn alle Maße in m gesetzt werden,

$$\frac{0{,}25^2\pi}{4} \,.\, c \,.\, 60 = 2{,}5,$$

also
$$c = \frac{2{,}5 \,.\, 4}{60 \,.\, 0{,}25^2\pi} = 0{,}849 \text{ m/sec.}$$

99. Aufgabe. $Q = \frac{0{,}13^2\pi}{4} \,.\, 1{,}2 \,.\, 60 \,.\, 60 \,.\, 12$ cbm

$Q = 688$ cbm.

100. Aufgabe. Am Anschlagsort laufen in t Sekunden bei c m/sec Fördergeschwindigkeit $c \,.\, t$ m Seil vorüber. Werden die Förderwagen in Abständen von a m an das Seil angeschlagen und beträgt die Anzahl der in t Sekunden angeschlagenen Wagen n, so kann die Länge des an dem Anschlagsorte in t Sekunden vorüberlaufenden Seiles auch durch $a \,.\, n$ m ausgedrückt werden. Es gilt also für die maschinelle Streckenförderung die Gleichung

$$\underline{c \,.\, t = a \,.\, n.}$$

In unserem Falle ist

$$c = 1{,}5 \text{ m/sec}; \; t = 8 \,.\, 60 \,.\, 60 \text{ sec}; \; n = 3600 \text{ Wagen.}$$

Also ist
$$a = \frac{c \,.\, t}{n} = \frac{1{,}5 \,.\, 8 \,.\, 60 \,.\, 60}{3600} = 12 \text{ m.}$$

101. Aufgabe. Aus der in der vorigen Auflösung gegebenen Gleichung erhält man

$$n = \frac{c \,.\, t}{a} = \frac{0{,}5 \,.\, 8 \,.\, 60 \,.\, 60}{10} = 1440 \text{ Wagen.}$$

102. Aufgabe. Aus $c \, . \, t = n \, . \, a$ folgt

$$t = \frac{n \, . \, a}{c} = \frac{3000 \, . \, 10}{1,1} = 27273 \text{ sec} = 7 \text{ Stunden } 34 \text{ Min. } 33 \text{ Sek.}$$

103. Aufgabe. Aus $c \, . \, t = a \, . \, n$ folgt

$$c = \frac{a \, . \, n}{t} = \frac{12 \, . \, 1600}{8 \, . \, 60 \, . \, 60} = 0,667 \text{ m.}$$

104. Aufgabe. Beträgt der Zeitabstand zwischen zwei aufeinander folgenden Anschlägen t_1 Sekunden und die Geschwindigkeit des Seils c Meter in der Sekunde, so ist der Wagenabstand

$$a = t_1 \, . \, c.$$

Also

$$t_1 = \frac{a}{c}.$$

Für Aufgabe 100 ist also $t_1 = \frac{12}{1,5} = 8$ Sekunden

" " 101 " " $= \frac{10}{0,5} = 20$ "

" " 102 " " $= \frac{10}{1,1} = 9,1$ "

" " 103 " " $= \frac{12}{0,667} = 18$ "

105. Aufgabe. Für die Umfangsgeschwindigkeit einer Riemenscheibe, Seilscheibe, eines Schwungrades, eines Seilkorbes usw. gilt die Gleichung

$$c = \frac{D \pi \, . \, n}{60},$$

worin c die Geschwindigkeit am Umfange in m/sec, D der Durchmesser der Scheibe in m und n die Umdrehungs-

zahl für die Minute bedeutet. In unserer Aufgabe ist $D = 1{,}58$ m, also

$$c = \frac{1{,}58 \, . \, \pi \, . \, 80}{60} = 6{,}6 \text{ m/sec.}$$

106. Aufgabe. Aus $c = \frac{D \pi \, . \, n}{60}$ folgt

$$D = \frac{c \, . \, 60}{n \, . \, \pi} = \frac{9 \, . \, 60}{120 \, \pi} = 1{,}433 \text{ m} = 1433 \text{ mm.}$$

107. Aufgabe. Aus $c = \frac{D \pi \, . \, n}{60}$ folgt

$$n = \frac{c \, . \, 60}{D \, . \, \pi} = \frac{12 \, . \, 60}{2{,}8 \, \pi} = \text{rd. } 82 \text{ Umdrehungen.}$$

108. Aufgabe. $c = \frac{D \pi \, . \, n}{60} = \frac{4{,}5 \, \pi \, . \, 40}{60} = 9{,}42 \text{ m/sec.}$

109. Aufgabe. Aus $c = \frac{D \pi \, . \, n}{60}$ folgt

$$D = \frac{c \, . \, 60}{n \, . \, \pi} = \frac{15 \, . \, 60}{50 \, \pi} = 5{,}73 \text{ m} = 5730 \text{ mm.}$$

110. Aufgabe. Aus $c = \frac{D \, . \, \pi \, . \, n}{60}$ folgt

$$n = \frac{c \, . \, 60}{D \, . \, \pi} = \frac{12 \, . \, 60}{6{,}5 \, \pi} = \text{rd. } 35 \text{ Umdrehungen.}$$

111. Aufgabe. Es ist

$$n = \frac{c \, . \, 60}{D \, . \, \pi} = \frac{4 \, . \, 60}{5 \, . \, \pi} = 15{,}3 \text{ Umdrehungen.}$$

Die aufzuwickelnde Seillänge beträgt 380 m; die Länge einer Windung ist $D\pi$, also ist die Anzahl der Seilwindungen

$$a = \frac{380}{D\pi} = \frac{380}{5 . \pi} = 24{,}2$$

und die Breite der Trommel mindestens

$$b_1 = 24{,}2 . 18 \text{ mm} = 435{,}6 \text{ mm}.$$

Werden 5,8 Reservewindungen gerechnet, so ist

$$b_2 = 30 . 18 \text{ mm} = 550 \text{ mm}.$$

Die Zeit der Förderung beträgt

$$t = \frac{380}{4} = 95 \text{ sec.}$$

Sie läßt sich auch auf folgendem Wege berechnen: Die Trommel macht in 60 Sekunden 15,3 Umdrehungen; also ist die Zeitdauer einer Umdrehung $\frac{60}{15{,}3}$ Sekunden und diejenige von 24,2 Umdrehungen

$$t = \frac{60}{15{,}3} . 24{,}2 = 95 \text{ sec.}$$

112. Aufgabe. Der Durchmesser D des Kurbelkreises ist gleich einem Kolbenhub s. Bei einer Umdrehung der Kurbel macht der Kolben einen Hin- und Hergang, sein Weg ist also $2\,s = 2\,D$. Bei n Umdrehungen wird der Weg $2\,s\,n$ oder $2\,D\,n$ sein in der Minute, also in der Sekunde

$$c = \frac{2\,s\,n}{60} \text{ oder } \frac{2\,D\,n}{60}.$$

Hier ist $D = 1{,}150$ m; $n = 50$; also

$$c = \frac{2{,}3 . 50}{60} = 1{,}9 \text{ m/sec.}$$

113. Aufgabe. Aus $c = \frac{2\,s\,n}{60}$ folgt

$$s = \frac{60 \,.\, c}{2\,n} = \frac{60 \,.\, 1{,}2}{2 \,.\, 40} = 0{,}9 \text{ m.}$$

114. Aufgabe. Aus $c = \frac{2\,s\,n}{60}$ folgt

$$n = \frac{60\,c}{2\,s} = \frac{60 \,.\, 2{,}4}{2 \,.\, 1{,}85} = 39 \text{ Umdrehungen.}$$

115. Aufgabe. $c = \frac{2\,s\,n}{60} = \frac{2 \,.\, 0{,}3 \,.\, 36}{60} = 0{,}36$ m/sec.

(1 Doppelhub = 1 Umdrehung.)

116. Aufgabe. Aus $c = \frac{2\,s\,n}{60}$ folgt, da

$$s = D = 2\,r = 2 \,.\, 0{,}48 = 0{,}96 \text{ m,}$$

$$n = \frac{60 \,.\, c}{2\,s} = \frac{60 \,.\, 3{,}2}{2 \,.\, 0{,}96} = 100 \text{ Umdrehungen.}$$

117. Aufgabe. Aus $c = \frac{2\,s\,n}{60}$ folgt

$$n = \frac{60\,c}{2\,s} = \frac{0{,}4 \,.\, 60}{2 \,.\, 0{,}3} = 40 \text{ Doppelhübe.}$$

118. Aufgabe. Aus $c = \frac{2\,s\,n}{60}$ folgt

$$s = \frac{60 \,.\, c}{2\,n} = \frac{60 \,.\, 0{,}34}{2 \,.\, 50} = 0{,}204 \text{ m.}$$

119. Aufgabe. Die Umdrehungszahlen zweier, durch einen Riemen verbundenen Riemenscheiben verhalten sich umgekehrt wie die Durchmesser der Scheiben.

$$n_2 : n_1 = D : d.$$

Also ist

$$n_2 = \frac{n_1 \,.\, D}{d} = \frac{120 \,.\, 1600}{150} = 1280 \text{ Umdrehungen.}$$

120. Aufgabe. Es ist

$$D : d = 600 : 40 = 15 : 1.$$

Der zulässig kleinste Durchmesser einer Riemenscheibe ist etwa 200 mm; für diesen Wert von d ergäbe sich $D = 3000$ mm,

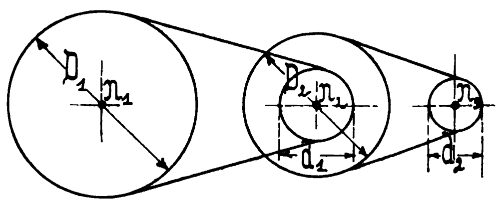


Fig. 107.

also eine sehr große Scheibe. Es ist daher zu empfehlen, ein zweites Riemen-Vorgelege einzuschieben. Fig. 107. Wählt man die Durchmesser d_1 und D_2 des eingeschobenen Scheibenpaares so, daß

$$D_1 : d_1 = 5 : 1 \text{ und}$$
$$D_2 : d_2 = 3 : 1 \text{ ist,}$$

so ergibt sich, da das eingeschobene Scheibenpaar eine gleiche Tourenzahl n_2 besitzt,

$$n_2 : n_1 = 5 : 1 \text{ und}$$
$$n_3 : n_2 = 3 : 1,$$

also

$$n_3 : n_1 = 15 : 1.$$

Dann ist, falls für d_2 und d_1 der Minimalwert 200 mm gewählt wird,

$$d_2 = 200 \text{ mm}, \quad d_1 = 200 \text{ mm}$$
$$D_2 = 600 \text{ mm}, \quad D_1 = 1000 \text{ mm}.$$

121. Aufgabe. Fig. 108. Wir haben ein doppeltes Riemenvorgelege mit 3 Achsen, deren Tourenzahlen n_1, n_2 und n_3 seien, und mit 4 Scheiben, deren Durchmesser D_1,

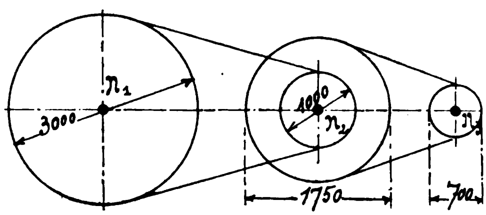


Fig. 108.

d_1, D_2 und d_2 sind. Für das erste Vorgelege gilt die Proportion

$$n_2 : n_1 = D_1 : d_1,$$

für das zweite Vorgelege

$$n_3 : n_2 = D_2 : d_2.$$

Es ist also $$n_3 : n_1 = D_1 \,.\, D_2 : d_1 \,.\, d_2$$

und somit $$n_3 = n_1 \,.\, \frac{D_1 \,.\, D_2}{d_1 \,.\, d_2}\,.$$

Es multiplizieren sich also die Wirkungen der einzelnen Vorgelege.

$$n_3 = 90 \,.\, \frac{3000 \,.\, 1750}{1000 \,.\, 700} = 675 \text{ Touren.}$$

122. Aufgabe. Fig. 109. Wir haben ein doppeltes Zahnradvorgelege mit 3 Achsen, deren Tourenzahlen n_1, n_2 und n_3 sind, und 4 Rädern, deren Zähnezahlen Z_1, Z_2,

Z_3 und Z_4 sind. Für das erste Rädervorgelege gilt die Proportion

$$n_2 : n_1 = Z_1 : Z_2,$$

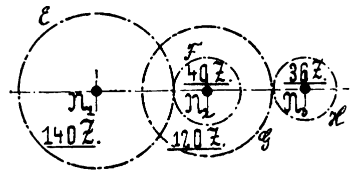


Fig. 109.

für das zweite Vorgelege

$$n_3 : n_2 = Z_3 : Z_4.$$

Es ist also

$$n_3 : n_1 = Z_1 . Z_3 : Z_2 . Z_4$$

und

$$n_3 = n_1 . \frac{Z_1}{Z_2} . \frac{Z_3}{Z_4} = 9 . \frac{140}{40} . \frac{120}{36}$$

$$= 105 \text{ Touren.}$$

123. Aufgabe. Fig. 110.

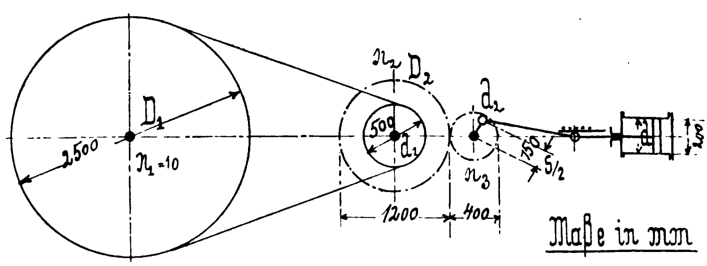


Fig. 110.

Es ist

$$n_2 : n_1 = D_1 : d_1 \text{ und}$$

$$n_3 : n_2 = D_2 : d_2, \text{ also}$$

$$n_3 : n_1 = D_1 . D_2 : d_1 . d_2$$

und

$$n_3 = n_1 . \frac{D_1 . D_2}{d_1 . d_2} = 10 . \frac{2500}{500} . \frac{1200}{400} = 150 \text{ Touren.}$$

Die Pumpe macht also 150 Doppelhübe. Der Kolbenhub s ist gleich dem Durchmesser des Kurbelkreises, also

$$s = 300 \text{ mm}.$$

Die geförderte Wassermenge in der Minute ist

$$Q = \frac{0{,}2^2\,\pi}{4} \,.\, 150 \,.\, 0{,}3 = 1{,}413 \text{ cbm}.$$

124. Aufgabe. Fig. 111. Die Riemenscheibe der Lichtdynamo hat den Durchmesser

$$d = D \,.\, \frac{n_1}{n} = 2000 \,.\, \frac{160}{480} = 667 \text{ mm}.$$

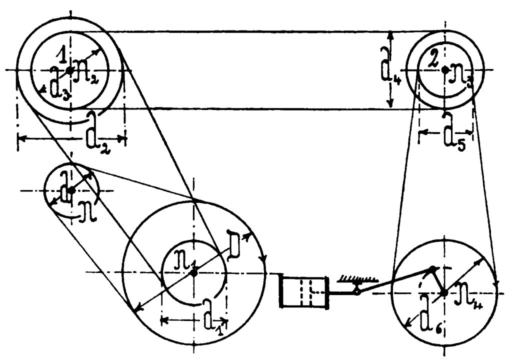


Fig. 111.

Die Transmissionswelle 1 läuft mit einer Tourenzahl

$$n_2 = n_1 \,.\, \frac{d_1}{d_2} = 160 \,.\, \frac{450}{950} = \text{rd. } 76,$$

also langsamer, als die Welle der Antriebsmaschine. Es würde daher nicht vorteilhaft sein, die Lichtdynamo von der Transmissionswelle 1 aus anzutreiben.

Transmissionswelle 2 macht die gleiche Tourenzahl $n_3 = 76$.

Für die einzelnen Vorgelege gelten die Proportionen

$$n_2 : n_1 = d_1 : d_2$$
$$n_3 : n_2 = d_3 : d_4$$
$$n_4 : n_3 = d_5 : d_6$$

Also ist $$n_4 : n_1 = d_1\, d_3\, d_5 : d_2\, d_4\, d_6$$

und $$\frac{n_4}{n_1} = \frac{d_1}{d_2} \cdot \frac{d_3}{d_4} \cdot \frac{d_5}{d_6}$$

also $$d_5 = d_6 \frac{n_4}{n_1} \cdot \frac{d_2}{d_1} \cdot \frac{d_4}{d_3}$$

$$= 800 \cdot \frac{40}{160} \cdot \frac{950}{450} \cdot \frac{1}{1}$$

$$= \text{rd. } 422 \text{ mm.}$$

§ 7. Beschleunigung.

125. Aufgabe. Nach der Formel $s = \frac{g}{2} \cdot t^2$ ist die Teufe

$$s = \frac{9{,}81 \, . \, 9^2}{2} = 397{,}4 \text{ m.}$$

126. Aufgabe. Aus $s = \frac{g}{2} \cdot t^2$ folgt

$$t = \sqrt{\frac{2s}{g}} = \sqrt{\frac{1200}{9{,}81}} = \text{rd. } 11 \text{ sec.}$$

127. Aufgabe. Beträgt die Fallzeit t_1 Sekunden, und gebraucht der Schall, um von der Sohle des Schachtes bis zu Tage zu gelangen, t_2 Sekunden, so ist

$$1) \quad t_1 + t_2 = 9$$

und, wenn die Teufe des Schachtes x Meter beträgt,

$$2) \quad x = \frac{g}{2} \, . \, t_1^2$$

$$\text{und } 3) \quad x = 333 \, . \, t_2.$$

Aus 2 und 3 ergibt sich

$$333 \, . \, t_2 = \frac{g}{2} \cdot t_1^2$$

$$\text{also} \quad t_2 = \frac{g}{666} \cdot t_1^2$$

und mithin aus Gleichung 1)

$$t_1 + \frac{g}{666} \cdot t_1^2 = 9.$$

$$t_1^2 + \frac{666}{g} \cdot t_1 = \frac{9 \, . \, 666}{g}$$

$$t_1^2 + 67{,}89\,t_1 = 611.$$
$$t_1 = 8{,}046 \text{ sec.}$$

(Der negative Wert von t_1 kommt nicht in Betracht).

Es ist daher $x = \frac{9{,}81}{2} \cdot 8{,}046^2 = 317{,}25$ m.

Aus $t_1 = 8{,}046$ sec ergibt sich $t_2 = 0{,}954$ sec, und danach kann man auch rechnen

$$x = 333 \,.\, 0{,}954 = 317{,}68 \text{ m.}$$

Der Schacht kann also rund 317,5 m tief angenommen werden.

128. Aufgabe. Aus der Formel $v = g \,.\, t$ ergibt sich

$$t = \frac{v}{g} = \frac{5}{9{,}81} = 0{,}51 \text{ Sekunden}$$

und daher $s = \frac{g}{2} \cdot t^2 = \frac{9{,}81}{2} \,.\, 0{,}51^2 = 1{,}275$ m.

Man kann s auch unmittelbar berechnen aus der Formel

$$v = \sqrt{2gs}.$$

Es ist dann $s = \frac{v^2}{2g} = \frac{25}{2 \,.\, 9{,}81} = 1{,}275$ m.

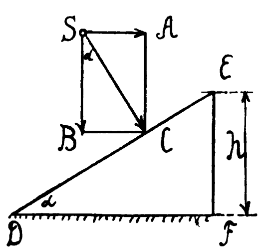


Fig. 112.

129. Aufgabe. Fig. 112. Auf den Schwerpunkt S des Eisenbahnwagens wirkt die Erdbeschleunigung

$$SB = g = 9{,}81 \frac{m}{sec^2}$$

und die Centrifugalbeschleunigung

$$SA = p = \frac{v^2}{r} = \frac{15^2}{200} = 1{,}125 \frac{m}{sec^2}.$$

Die Resultante dieser beiden Beschleunigungen ist SC. Ihre Richtung α ist gegeben durch

$$\text{tang}\,\alpha = \frac{BC}{SB} = \frac{1{,}125}{9{,}81}.$$

Daraus ergibt sich $\alpha = 6^0 33'$

und die Überhöhung $EF = DE \,.\, \sin\alpha$

$$h = 1{,}20 \,.\, \sin 6^0 33'$$

$$h = 0{,}137 \text{ m.}$$

130. Aufgabe. Fig. 113. Der Wagen ist auf dem Punkte zu kippen, wenn die Resultante SC aus der Erdbeschleunigung $SB = g$ und der Zentrifugalbeschleunigung $SA = p = \frac{v^2}{r}$ durch die Außenschiene der Kurve hindurchgeht. Es ist

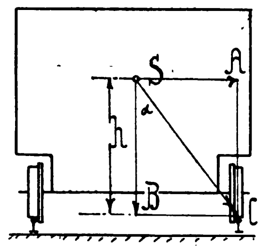


Fig. 113.

$$\text{tang}\,\alpha = \frac{p}{g} = \frac{v^2}{r\,.\,g}$$

$$\text{tang}\,\alpha = \frac{14^2}{31\,.\,9{,}81} = 0{,}645.$$

BC ist die halbe Spurweite $= 0{,}60$ m, also ist

$$SB = h = \frac{0{,}60}{\text{tang}\,\alpha} = \frac{0{,}6}{0{,}645} = \text{rund } 1 \text{ m.}$$

Die Höhenlage des Schwerpunktes darf dann höchstens 1 m über Schienenoberkante sein.

131. Aufgabe. Fig. 112. Gegeben ist

$$\frac{EF}{DF} = 0{,}1 = \text{tang}\,\alpha$$

und $r = 40$ m.

Es ist nun $\text{tang}\,\alpha = \frac{AS}{BS} = \frac{p}{g} = \frac{v^2}{r\,.\,g}$

also $v = \sqrt{r\,.\,g\,.\,\text{tang}\,\alpha} = \sqrt{40\,.\,9{,}81\,.\,0{,}1}$

$$v = 6{,}26 \text{ m.}$$

§ 8. Der Haspel.

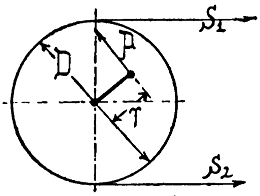


Fig. 114.

132. Aufgabe. Fig. 114. Es gilt die Momentengleichung

$$P \,.\, r + S_2 \,.\, \tfrac{1}{2} D = S_1 \,.\, \tfrac{1}{2} D.$$

Mithin ist

$$P = \frac{(S_1 - S_2)\, D}{2r} = \frac{125 \,.\, 1600}{800}$$
$$= 250 \text{ kg}.$$

133. Aufgabe. Fig. 115. Wir haben es hier mit einem Hebel zu tun. Beim Hebel ist das Übersetzungsverhältnis durch das umgekehrte Verhältnis der Hebelarme gegeben. Es ist also

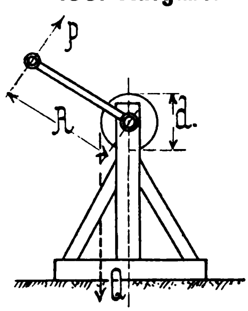


Fig. 115.

$$1 : n = r : R = 10 \text{ cm} : 40 \text{ cm} = 1 : 4.$$

Das Übersetzungsverhältnis gibt das Verhältnis $P : Q$ an; also ist

$$P : Q = 1 : 4,$$

mithin $Q = 4P = 160$ kg.

Der Gütegrad η gibt das Verhältnis der tatsächlich gehobenen Last Q_e zu der theoretisch ohne Berücksichtigung der Reibung berechneten Last Q an. Es ist also

$$Q_e = \eta \,.\, Q$$
$$= 0{,}85 \,.\, 160 = 136 \text{ kg}.$$

Danach ist dann das wirkliche Übersetzungsverhältnis

$$P : Q_e = 40 \text{ kg} : 136 \text{ kg} = 1 : 3{,}4.$$
$$1 : n_e = 1 : 3{,}4.$$

Dieses Verhältnis hätte man auch folgendermaßen ableiten können:

$$\frac{1}{n_e} = \frac{P}{Q_e} = \frac{P}{\eta \,.\, Q} = \frac{P}{Q} \cdot \frac{1}{\eta} = \frac{1}{n} \cdot \frac{1}{\eta} = \frac{1}{4} \cdot \frac{1}{0{,}85} = \frac{1}{3{,}4}.$$

Da $$\frac{1}{n_e} = \frac{1}{n \, . \, \eta}$$

ist, so findet man also das wirkliche Übersetzungsverhältnis, indem man das theoretische Übersetzungsverhältnis durch den Gütegrad dividiert.

Aus der Gleichung $Q_e = Q \, . \, \eta$ ergibt sich: die wirkliche Last Q_e ist gleich der theoretischen Last Q multipliziert mit dem Gütegrade.

134. Aufgabe. Das Übersetzungsverhältnis ist

$$1 : n = P : Q = 10 \text{ kg} : 50 \text{ kg} = 1 : 5.$$

Es ist also $$\frac{d}{2} : R = 1 : 5 \text{ und}$$

$$d = \frac{2R}{5} = \frac{80}{5} = 16 \text{ cm}.$$

135. Aufgabe. Die Last Q ist gleich der Summe von Kettengewicht, Eimergewicht und Wassergewicht

$$Q = 0{,}5 \, . \, 10 \, . + 5 + 50 = 60 \text{ kg}.$$

Für die theoretische Kraft P gilt

$$P : Q = \frac{d}{2} : R = 10 : 40 = 1 : 4,$$

also ist $$P = Q \, . \, \frac{1}{4} = 15 \text{ kg}.$$

Wegen der Reibungshindernisse muß die wirkliche Kraft P_e größer werden und zwar entsprechend dem ungekehrten Verhältnis des Gütegrades η. Man findet die wirkliche Kraft P_e, indem man die theoretische Kraft P durch den Wirkungsgrad η dividiert.

$$P_e = \frac{P}{\eta} = \frac{15}{\eta} = 16{,}7 \text{ kg}.$$

Der Eimer kann also von einer Frau gezogen werden.

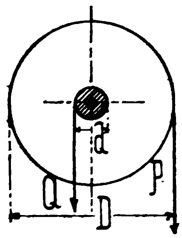


Fig. 116.

136. Aufgabe. Fig. 116. Es ist

$$Q \cdot \frac{d}{2} = P \cdot \frac{D}{2}$$

$$Q \cdot d = P \cdot D.$$

$$Q = P \cdot \frac{D}{d} = 80 \cdot \frac{3000}{300} = 800 \text{ kg}.$$

Die effektive Last ist

$$Q_e = Q \cdot \eta = 800 \cdot 0{,}9 = 720 \text{ kg}.$$

Ohne Reibung ist das Übersetzungverhältnis

$$1 : n = P : Q = 80 : 800 = 1 : 10.$$

Mit Reibung ist $1 : n_e = 80 : 720 = 1 : 9.$

oder $$\frac{1}{n_e} = \frac{1}{n \cdot \eta} = \frac{1}{10 \cdot 0{,}9} = \frac{1}{9}.$$

137. Aufgabe. $P \cdot D = Q \cdot d$

$$P = Q \cdot \frac{d}{D} = \frac{500 \cdot 200}{2500} = 40 \text{ kg}.$$

$$1 : n = P : Q = 40 : 500 = 1 : 12{,}5.$$

$$\frac{1}{n_e} = \frac{1}{\mathrm{n} \cdot \eta} = \frac{1}{12{,}5 \cdot 0{,}95} = \frac{1}{11{,}88}.$$

$$P_e = \frac{P}{\eta} = \frac{40}{0{,}95} = 42 \text{ kg}.$$

Es ist auch

$$P_e = Q \cdot \frac{1}{n_e} = \frac{500}{11{,}88} = 42 \text{ kg}.$$

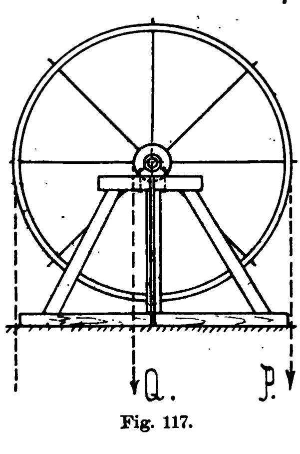


Fig. 117.

138. Aufgabe. Fig. 117.

$$P = 30 \text{ kg}.$$

$$Q \cdot d = P \cdot D.$$

$$Q = P \cdot \frac{D}{d} = \frac{30 \cdot 2250}{240} = 281{,}25 \text{ kg}.$$

$$Q_e = Q \cdot \eta = 281{,}25 \cdot 0{,}875$$

$$= 246 \text{ kg}.$$

139. Aufgabe. Fig. 118. Bezeichnet man die Radien entsprechend den Durchmessern mit r_1, R_1 usw. und den Zahndruck zwischen den Zähnen des Vorgeleges mit X kg, so gelten die Momentengleichungen

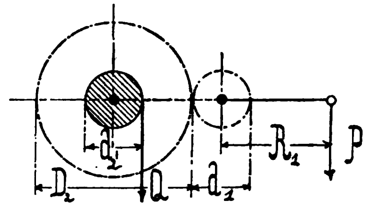


Fig. 118.

$$P \,.\, R_1 = X \,.\, r_1$$
$$X \,.\, R_2 = Q \,.\, r_2$$

Also ist $$P \,.\, R_1 \,.\, R_2 = Q \,.\, r_1 \,.\, r_2$$

und $$Q = P \,.\, \frac{R_1}{r_1} \cdot \frac{R_2}{r_2} \,.$$

Die Brüche $\frac{R_1}{r_1}$ und $\frac{R_2}{r_2}$ sind die umgekehrten Übersetzungsverhältnisse der einzelnen Teile des Haspels, und zwar $R_1 : r_1$ zwischen Kurbel und kleinem Zahnrad, $R_2 : r_2$ zwischen großem Zahnrad und Trommel. — Um die wirkliche Last Q_e zu finden, muß man die theoretische Last Q mit dem Wirkungsgrad η multiplizieren. Es ist also

$$Q_e = P \cdot \frac{R_1}{r_1} \cdot \frac{R_2}{r_2} \cdot \eta .$$

Es ist $\eta = 0{,}8$, da 20% Verlust gerechnet werden, und somit

$$Q_e = 20 \cdot \frac{400}{100} \cdot \frac{400}{150} \cdot 0{,}8 = 170{,}67 \text{ kg.}$$
$$1 : n = P : Q = 20 : 213^1/_3 = 1 : 10{,}67.$$
$$1 : n_e = P : Q_e = 20 : 170{,}67 = 1 : 8{,}5.$$

140. Aufgabe. Es ist $1 : n = P : Q = 20 : 400 = 1 : 20$. Ferner ist nach der vorigen Aufgabe

$$\frac{P}{Q} = \frac{r_1}{R_1} \cdot \frac{r_2}{R_2} = \frac{1}{n} = \frac{1}{20}$$

also $$\frac{r_1}{R_2} = \frac{1}{20} \cdot \frac{R_1}{r_2} = \frac{1}{20} \cdot \frac{40}{10} = \frac{1}{5}$$

und daher auch $$\frac{d_1}{D_2} = \frac{1}{5} \,.$$

141. Aufgabe. Fig. 119. Nach Aufgabe 139 ist

$$\frac{P}{Q} = \frac{1}{n} = \frac{r_1}{R_1} \cdot \frac{r_2}{R_2}$$

also
$$\frac{1}{n} = \frac{215}{950} \cdot \frac{170}{495} = \frac{1}{12{,}9}$$

daher
$$Q = P \,.\, 12{,}9 = 50 \,.\, 12{,}9 = 645 \text{ kg.}$$

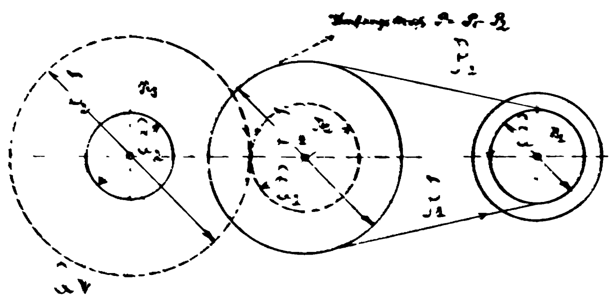


Fig. 119.

142. Aufgabe.
$$\frac{1}{n} = \frac{115}{950} \cdot \frac{170}{560} = \frac{1}{27{,}2} \,.$$

$$P = Q \cdot \frac{1}{n} = \frac{5400}{27{,}2} = 195 \text{ kg.}$$

143. Aufgabe. Fig. 119. Die Tourenzahlen verhalten sich umgekehrt wie die Durchmesser der zusammengehörigen Riemenscheiben oder Zahnräder. Also ist

$$n_1 : n_2 = D_1 : d$$

und
$$n_2 : n_3 = D_2 : d_1$$

daraus folgt
$$n_1 : n_3 = D_1 \,.\, D_2 : d \,.\, d_1$$

mithin
$$d = \frac{n_3}{n_1} \cdot \frac{D_1 \,.\, D_2}{d_1}$$

$$d = \frac{20}{600} \cdot \frac{1000 \,.\, 1200}{200} = 200 \text{ mm.}$$

Das Übersetzungsverhältnis ist

$$\frac{1}{n} = \frac{400}{1200} \cdot \frac{200}{1000} = \frac{1}{15}.$$

144. Aufgabe. Fig. 120. Das Übersetzungsverhältnis des Haspels ist gleich dem Produkt der Übersetzungsverhältnisse der einzelnen Teile desselben.

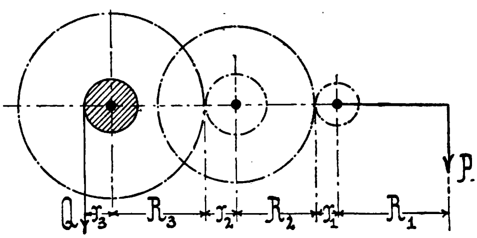


Fig. 120.

$$\frac{1}{n} = \frac{r_1 \cdot r_2 \cdot r_3}{R_1 \cdot R_2 \cdot R_3} = \frac{50}{380} \cdot \frac{90}{150} \cdot \frac{140}{450} = \frac{1}{40{,}7}$$

$$Q = P \cdot n = 20 \cdot 40{,}7 = 814 \text{ kg}.$$

Bei 20% Reibungsverlust ist $\eta = 0{,}8$, also

$$\frac{1}{n_e} = \frac{1}{40{,}7 \cdot 0{,}8} = \frac{1}{32{,}56}$$

und $$Q_e = Q \cdot \eta = 814 \cdot 0{,}8 = 651{,}2 \text{ kg}.$$

145. Aufgabe. $\frac{1}{n_1} = \frac{35}{1000} = \frac{1}{28{,}57}$.

Das Übersetzungsverhältnis von Lastarm zu Kraftarm ist

$$\frac{1}{n_2} = \frac{\frac{1}{2}(d_n + \delta)}{R_1} = \frac{305}{420} = \frac{1}{1{,}34}.$$

Ist $\frac{1}{n_3}$ das Übersetzungsverhältnis eingeschalteter Vor-

gelege, so ist $\frac{1}{n_1} = \frac{1}{n_2} \cdot \frac{1}{n_3}$, also

$$\frac{1}{n_3} = \frac{1}{n_1} : \frac{1}{n_2} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{1{,}34}{28{,}57} = \frac{1}{21{,}4}.$$

Wir werden also zwei Vorgelege einschalten mit den Übersetzungsverhältnissen $\frac{1}{5}$ und $\frac{1}{4{,}3}$.

146. Aufgabe. Fig. 121. Es ist $Q = 2\,S$, wenn S der Zug im Seil ist, also $S = \frac{Q}{2} = \frac{3000}{2} = 1500$ kg.

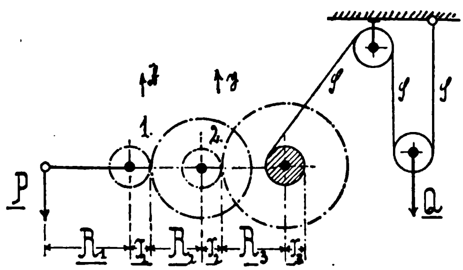


Fig. 121.

Ferner ist
$$X = P \cdot \frac{R_1}{r_1} = \frac{30 \,.\, 400}{80} = 150 \text{ kg},$$
$$Y = \frac{X \,.\, R_2}{r_2} = \frac{150 \,.\, 300}{120} = 375 \text{ kg},$$
$$r_3 = \frac{R_3 \,.\, Y}{S} = \frac{600 \,.\, 375}{1500} = 150 \text{ mm}$$
und
$$1 : n = 30 : 3000 = 1 : 100.$$

147. Aufgabe. Fig. 121. Wegen der Reibungshindernisse kommt nicht der Zahndruck X zur Weitergabe, sonden nur $X \,.\, \eta_1$; daher wird auch der Zahndruck im 2. Vorgelege nur $\eta_1\ Y$ sein. Dieser letztere kommt auch wieder nur zum Teil zur Weitergabe und zwar $\eta_1 \,.\, \eta_1 \,.\, Y$. Dieser

Teil wirkt auf die Welle und würde ohne Reibungsverluste einen Seilzug $\eta_1 . \eta_1 . S$ erzeugen, erzeugt jedoch tatsächlich wegen der Seilreibung und der Seilsteifigkeit nur einen Teil dieses Seilzuges, und zwar $\eta_2 .. \eta_1 . \eta_1 . S$. Hinter der ersten Rolle ist dann der Seilzug $\eta_2 . \eta_2 . \eta_1 . \eta_1 . S$, und an der losen Rolle im Lastseil ist

$$Q_e = 2 . \eta_2 . \eta_2 . \eta_2 . \eta_1 . \eta_1 . S.$$

Ohne Reibung wäre

$$Q = 2\,S.$$

Also ist der Wirkungsgrad

$$\eta = \frac{Q_e}{Q} = \eta_1{}^2 . \eta_2{}^3 = 0{,}95^2 . 0{,}93^3 = 0{,}725.$$

Bei Beibehaltung aller Abmessungen würde der Kran nicht imstande sein, mit $P = 30$ kg eine Last $Q = 3000$ kg zu heben, sondern nur

$$Q_e = 3000 . 0{,}725 = 2175 \text{ kg}.$$

Damit 3000 kg gehoben werden können, muß die Kettentrommel entsprechend kleiner gemacht werden. Es muß werden $r_3 = 150 . 0{,}725 = 118{,}75$ mm.

Für den Wirkungsgrad der zusammengesetzten Maschine η haben wir hier das Gesetz gefunden: Der Wirkungsgrad einer zusammengesetzten Maschine ist gleich dem Produkt der Wirkungsgrade ihrer einzelnen Teile.

148. Aufgabe. Fig. 122. Es ist $ab : ac = 7 : 8$; also

$$ab : bc = 7 : \sqrt{7^2 + 8^2} = 7 : 10{,}63$$

und mithin

$$be : ef : bf = 8 : 7 : 10{,}63$$

oder $Q : Z : D = 8 : 7 : 10{,}63.$

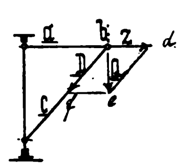


Fig. 122.

Folglich $Z = \frac{Q . 7}{8} = \frac{3000 . 7}{8} = 2625$ kg

und $D = \frac{Q . 10{,}63}{8} = \frac{3000 . 10{,}63}{8} = 3986$ kg.

149. Aufgabe. Fig. 123. Die einzelnen Übersetzungsverhältnisse sind

$$\frac{1}{n_1} = \frac{d_1}{2R_1} = \frac{150}{800} = \frac{1}{5{,}33}$$
$$\frac{1}{n_2} = \frac{d_2}{D_2} = \frac{200}{900} = \frac{1}{4{,}5}$$
$$\frac{1}{n_3} = \frac{d_3}{D_3} = \frac{240}{1200} = \frac{1}{5}$$
$$\frac{1}{n_4} = \frac{d_4}{D_4} = \frac{500}{1200} = \frac{1}{2{,}4}.$$

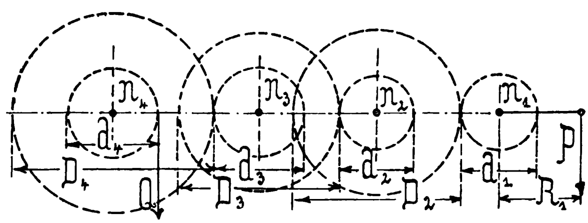


Fig. 123.

Demnach ist das Gesamt-Übersetzungsverhältnis

$$\frac{1}{n} = \frac{1}{n_1} \cdot \frac{1}{n_2} \cdot \frac{1}{n_3} \cdot \frac{1}{n_4} = \frac{1}{288}.$$

Daher ist

$$P = Q \cdot \frac{1}{n} = \frac{7000}{288} = 24{,}3 \text{ kg}.$$

150. Aufgabe. Der Gesamtwirkungsgrad ist

$$\eta = \eta_1{}^3 \cdot \eta_2 = 0{,}91^3 \cdot 0{,}97 = 0{,}73.$$

Daher ist $P_e = \frac{P}{0{,}73} = \frac{24{,}3}{0{,}73} = 33{,}3 \text{ kg}.$

Das Grubenkabel kann daher von 2 Arbeitern mit je 16,6 kg mit Sicherheit bedient werden.

151. Aufgabe. Fig. 124. Für die Spannungen in den 4 Kettenteilen gelten die Gleichungen

$$S_1 = \eta_1 \,.\, S_2;\; S_2 = \eta_2 \,.\, S_3;\; S_3 = \eta_1 \,.\, S_4 \text{ und}$$
$$S_1 + S_2 + S_3 + S_4 = Q.$$

Da $S_2 = \eta_1 \,.\, \eta_2 \,.\, S_4$ und $S_1 = \eta_1^2 \,.\, \eta_2 \,.\, S_4$ ist, folgt

$$S_4 (\eta_1^2 \,.\, \eta_2 + \eta_1 \,.\, \eta_2 + \eta_1 + 1) = Q,$$

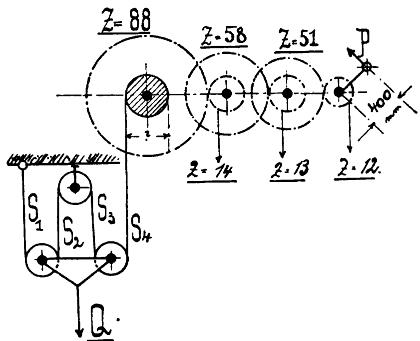


Fig. 124.

also

$$S_4 = \frac{Q}{\eta_1^2 . \eta_2 + \eta_1 . \eta_2 + \eta_2 + 1} = \frac{20000}{0{,}98^2 . 0{,}96 + 0{,}98 . 0{,}96 + 0{,}98 + 1}$$

$$S_4 = \frac{20000}{3{,}84} = \text{rd. } 5205 \text{ kg.}$$

Danach ergeben sich die übrigen Spannungen

$$S_3 = 5100 \text{ kg},\; S_2 = 4896 \text{ kg und } S_1 = 4799 \text{ kg.}$$

Ist nun weiter der Durchmesser des Ketteneisens δ cm, so ist

$$S_4 = 2\,\frac{\delta^2 \pi}{4} \,.\, k,$$

also
$$\frac{\delta^2 \pi}{4} = \frac{S_4}{2\,k} = \frac{5205}{1500} = 3{,}47 \text{ qcm}$$

und
$$\delta = 2{,}1 \text{ cm} = 21 \text{ mm.}$$

Danach ist der Durchmesser der Kettentrommel

$$d = 21 \,.\, 20 = 420 \text{ mm.}$$

Bezeichnen wir die Radien der einzelnen Zahnräder mit $r_1, r_2, r_3, \ldots r_6$ und den Radius der Trommel mit r, so ist, da R der Kurbelradius ist, das Übersetzungsverhältnis des Kranes

$$\frac{1}{n} = \frac{r_1}{R} \cdot \frac{r_3}{r_2} \cdot \frac{r_5}{r_4} \cdot \frac{r}{r_6} \text{ oder}$$

$$= \frac{r}{R} \cdot \frac{r_1}{r_2} \cdot \frac{r_3}{r_4} \cdot \frac{r_5}{r_6} .$$

Die Radien der ineinander greifenden Zahnräder verhalten sich wie die Zähnezahlen der Räder; es ist also

$$\frac{r_1}{r_2} = \frac{Z_1}{Z_2}; \frac{r_3}{r_4} = \frac{Z_3}{Z_4} \text{ und } \frac{r_5}{r_6} = \frac{Z_5}{Z_6}$$

und daher $$\frac{1}{n} = \frac{r}{R} \cdot \frac{Z_1}{Z_2} \cdot \frac{Z_3}{Z_4} \cdot \frac{Z_5}{Z_6}$$

$$= \frac{210}{400} \cdot \frac{12}{51} \cdot \frac{13}{58} \cdot \frac{14}{88} = \frac{1}{227} .$$

Der Gesamtwirkungsgrad des Kranes ist

$$\eta = \eta_2^3 . \eta_1 = 0{,}91^3 . 0{,}97 = 0{,}73.$$

Demnach ist

$$P_e = \frac{S_4}{n} \cdot \frac{1}{\eta} = \frac{5205}{227 . 0{,}73} = 31{,}4 \text{ kg}.$$

152. Aufgabe. Es ist $P . R = Q . r$,

also $$Q = \frac{P . R}{r} = \frac{15 . 350}{50} = 105 \text{ kg}.$$

Das Übersetzungsverhältnis

$$\frac{1}{n} = \frac{P}{Q} = \frac{15}{105} = \frac{1}{7} .$$

Bei 5 % Reibungsverlust ist der Wirkungsgrad $\eta = 0{,}95$,

also $$Q_e = Q . \eta = 105 . 0{,}95 = 99{,}75 \text{ kg}$$

und $$\frac{1}{n_e} = \frac{1}{n . \eta} = \frac{1}{7 . 0{,}95} = \frac{1}{6{,}65} .$$

Das Übersetzungsverhältnis kann auch so bestimmt werden

$$\frac{1}{n_e} = \frac{P}{Q_e} = \frac{15}{99{,}75} = \frac{1}{6{,}65}.$$

153. Aufgabe. Fig. 125. Am Umfange des Bolzens wirkt eine Kraft

$$U = P.\frac{R}{r} = 15.\frac{100}{3} = 500\,\text{kg}.$$

Die Schraubenfläche wird als eine schiefe Ebene aufgefaßt, der Druck Q wirkt senkrecht zur Basis der schiefen Ebene, die Kraft U der Basis parallel. Die Komponente von Q parallel der Basis ist $Q\,.\,\text{tang}\,\alpha$; U muß diese und außerdem noch die Reibung R überwinden. Bei so kleinem Neigungswinkel α, wie er sich aus $\text{tang}\,\alpha = \frac{1}{12{,}5}$ ergibt, kann die Reibung

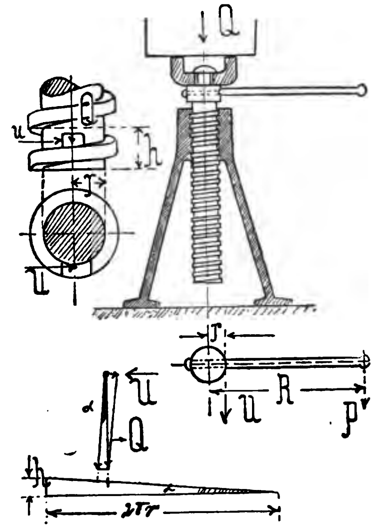


Fig. 125.

$$R = f\,.\,Q = 0{,}1\,.\,Q$$

gesetzt werden. Es ergibt sich also

$$U = Q\,(\text{tang}\,\alpha + f) = Q\left(\frac{1}{12{,}5} + \frac{1}{10}\right)$$

$$U = Q\,.\,0{,}18$$

und $$Q = \frac{U}{0{,}18} = \frac{500}{0{,}18} = 2778\text{ kg}.$$

Es ist also das Übersetzungsverhältnis der Schraubenwinde unter Berücksichtigung der Reibung

$$\frac{1}{n_e} = \frac{P}{Q} = \frac{15}{2778} = \frac{1}{185}.$$

Ohne Berücksichtigung der Reibung ist

$$\frac{1}{n} = \frac{r}{R} \cdot \frac{1}{12{,}5} = \frac{3}{100 \cdot 12{,}5} = \frac{1}{417},$$

da $P = Q \cdot \frac{1}{n}$

und $P = Q_e \cdot \frac{1}{n_e}$ ist,

so folgt $\eta = \frac{Q}{Q_e} = \frac{n}{n_e} = \frac{185}{417} = 0{,}44.$

Anstatt den Wirkungsgrad η aus dem Verhältnis der ohne Reibung berechneten Last Q zu der wirklichen Last Q_e zu finden, kann man ihn also auch aus dem Verhältnis der mit und ohne Reibung berechneten Übersetzungsverhältnisse erhalten.

§ 9. Die schiefe Ebene.

154. Aufgabe. Fig. 126. Für den Neigungswinkel der Chaussee ist

$$\text{tang}\,\alpha = 0{,}02, \text{ also}$$
$$\alpha = 1^0\,10'.$$

Für solche kleinen Winkel ist $\sin\alpha = \text{tang}\,\alpha$ und $\cos\alpha =$

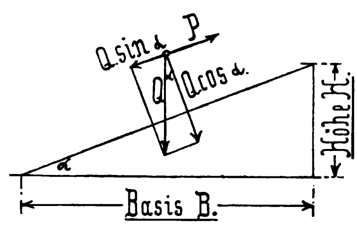


Fig. 126.

0,99979, also = 1 zu setzen. Es sind daher die Komponenten der Last Q parallel der Chaussee

$$Q \sin\alpha = Q \,.\, 0{,}02 = 1200 \,.\, 0{,}02 = 24 \text{ kg}$$

und senkrecht zur Chaussee-Ebene

$$Q \cos\alpha = Q = 1200 \text{ kg}.$$

Daher ist der Reibungswiderstand

$$R = f \,.\, Q \,.\, \cos\alpha = 0{,}125 \,.\, 1200 = 150 \text{ kg}.$$

Der Reibungswiderstand ist daher für sehr schwach geneigte Ebenen gerade so groß zu nehmen, wie für horizontale Ebenen.

Zum Heraufziehen ist demnach

$$P_1 = 24 + 150 = 174 \text{ kg}$$

und zum Herunterziehen

$$P_2 = 150 - 24 = 126 \text{ kg}.$$

155. Aufgabe. Das selbsttätige Abrollen findet statt, wenn die Zugkomponente $Q \,.\, \sin \alpha$ größer ist als der Reibungswiderstand $f \,.\, Q \,.\, \cos \alpha$; also

$$Q \sin \alpha > f \,.\, Q \,.\, \cos \alpha$$

und

$$\operatorname{tang} \alpha > f.$$

Aus $\operatorname{tang} \alpha > 0{,}125$ ergibt sich der sogenannte Reibungswinkel $\alpha = 7^0\,10'$.

Bei diesem Neigungswinkel würde in der vorigen Aufgabe sein: $\cos \alpha = 0{,}992$ und $\sin \alpha = 0{,}124$, also

$$Q \,.\, \sin \alpha = 1200 \,.\, 0{,}124 = 148{,}8 \text{ kg}$$

und

$$f \,.\, Q \,.\, \cos \alpha = 1200 \,.\, 0{,}125 \,.\, 0{,}992 = 148{,}8 \text{ kg}.$$

156. Aufgabe. Bei $\alpha = 15^0$ ist

$$\sin \alpha = 0{,}2588$$

und

$$\cos \alpha = 0{,}9659,$$

also die Komponente parallel dem Bremsberg

$$Q \,.\, \sin \alpha = 1000 \,.\, 0{,}2588 = 258{,}8 \text{ kg}$$

und der Reibungswiderstand

$$R = f \,.\, Q \,.\, \cos \alpha = 0{,}02 \,.\, 1000 \,.\, 0{,}9659 = 19{,}3 \text{ kg}.$$

Mithin ist der Zug

$$P = 258{,}8 - 19{,}3 = 239{,}5 \text{ kg}.$$

157. Aufgabe. Die Last, welche am unteren Ende des Seiles wirkt, ist

$$Q_1 = G + Q = 500 + 625 = 1125 \text{ kg}.$$

Da $\alpha = 30^0$, so ist $\sin \alpha = 0{,}5$ und demnach der Zug

$$P_1 = Q_1 \sin \alpha = 1125 \,.\, 0{,}5 = 562{,}5 \text{ kg}.$$

Die Last, welche am oberen Ende des Seiles am Anfange der Förderung wirkt, ist um das Seilgewicht S größer als Q_1; also

$$Q_2 = G + Q + S = 1125 + 400 . 1{,}21$$
$$= 1125 + 484 = 1609 \text{ kg.}$$

Der Zug $P_2 = Q_2 . \sin \alpha = 1609 . 0{,}5 = 804{,}5$ kg.

158. Aufgabe. Der Zug P_1 in der vorigen Aufgabe ist die Antriebskraft der Maschine zum Schluß der Förderung; P_2 ist die Antriebskraft am Anfange der Förderung. Bei Berücksichtigung der Reibung müssen diese Antriebskräfte um die Reibungswiderstände größer werden. Am Schlusse der Förderung ist das Seil vollständig aufgewickelt, es hat also keinen Einfluß, es vermehrt sich daher P_1 nur um

$$f_1 . Q_1 . \cos \alpha = 0{,}02 . 1125 . 0{,}866$$
$$= 19{,}5 \text{ kg,}$$

und es ist daher $P_1 = 562{,}5 + 19{,}5 = 582$ kg.

Am Anfange der Förderung kommt zu P_2 außer dem Reibungswiderstand der Last Q_1 auch noch der Reibungswiderstand $f_2 . S . \cos \alpha$ hinzu. Dieser ist

$$f_2 . S . \cos \alpha = 0{,}2 . 484 . 0{,}866 = 84 \text{ kg,}$$

daher ist $P_2 = 804{,}5 + 19{,}5 + 84 = 908$ kg.

159. Aufgabe. Fig. 127.

$$\alpha = 20^0; \ \sin \alpha = 0{,}342; \ \cos \alpha = 0{,}94.$$

Seilgewicht $S = 60 . 1{,}2 = 72$ kg.

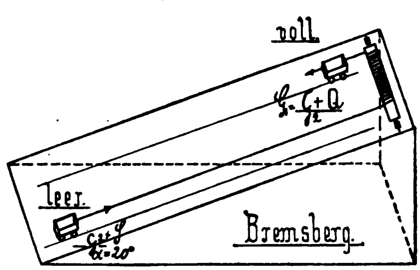


Fig. 127.

Die am Umfange der Bremstrommel abzubremsende Kraft ist gleich der Differenz der Seilzüge des abwärts gehenden vollen Wagens und des aufwärts gehenden leeren Wagens. Wegen des wechselnden Seilgewichtes, das während der Fahrt im niedergehenden Trum

die Triebkraft vermehrt, im aufgehenden die Widerstände vermindert, nimmt diese abzubremsende Kraft B stetig bis zum Ende des Treibens zu.

Beim Beginn des Treibens sind die Gewichte

1. im niedergehenden Trum

$$Q_1 = G_1 = 1000 \text{ kg},$$

2. im aufgehenden Trum

$$Q_2 = G_2 + S = 375 + 72 = 447 \text{ kg}.$$

Demnach die wirkenden Seilkräfte

1. im niedergehenden Trum

$$\begin{aligned} P_1 &= Q_1 \sin \alpha - f_1 . Q_1 \cos \alpha \\ &= 1000 . 0{,}342 - 0{,}02 . 1000 . 0{,}94 \\ &= 342 - 18{,}8 = 323{,}2 \text{ kg}, \end{aligned}$$

2. im aufgehenden Trum

$$\begin{aligned} P_2 &= Q_2 \sin \alpha + f_1 . G_2 . \cos \alpha + f_2 . S . \cos \alpha \\ &= 447 . 0{,}342 + 0{,}02 . 375 . 0{,}94 + 0{,}2 . 72 . 0{,}94 \\ &= 153 + 7 + 13{,}5 = 173{,}5 \text{ kg}. \end{aligned}$$

Die abzubremsende Kraft am Umfange der Welle ist also

$$B_1 = P_1 - P_2 = 323{,}2 - 173{,}5 = 149{,}7 \text{ kg}.$$

Am Ende des Treibens sind die Gewichte

1. im niedergehenden Trum

$$Q_3 = G_1 + S = 1072 \text{ kg},$$

2. im aufgehenden Trum

$$Q_4 = G_2 = 375 \text{ kg}.$$

Also sind die Seilkräfte

1. im niedergehenden Trum

$$\begin{aligned} P_3 &= Q_3 . \sin \alpha - f_1 . Q_1 . \cos \alpha - f_2 . S . \cos \alpha \\ &= 1072 . 0{,}342 - 0{,}02 . 1000 . 0{,}94 - 0{,}2 . 72 . 0{,}94 \\ &= 366{,}6 - 18{,}8 - 13 = 334{,}8 \text{ kg}, \end{aligned}$$

2. im aufgehenden Trum

$$\begin{aligned} P_4 &= Q_4 . \sin \alpha + f_1 . Q_4 . \cos \alpha \\ &= 375 . 0{,}342 + 0{,}02 . 375 . 0{,}94 \\ &= 128{,}25 + 7 = 135{,}25 \text{ kg}, \end{aligned}$$

und demnach die am Umfange der Welle abzubremsende Kraft

$$B_2 = P_3 - P_4 = 334{,}8 - 135{,}25 = 199{,}55 \text{ kg}.$$

160. Aufgabe. Ist Q kg das Gewicht der auf einmal geförderten Kohlenmenge, so ist

$$Q \sin 60^0 + 0{,}2 \,.\, Q \,.\, \cos 60^0 = 4000,$$

also $$Q = \frac{4000}{\sin 60^0 + 0{,}2 \,.\, \cos 60} = \frac{4000}{0{,}866 + 0{,}2 \,.\, 0{,}5}$$

$$= \frac{4000}{0{,}966} = 4140 \text{ kg}.$$

161. Aufgabe. Bei der Steigung 1 : 200 ist

$$\sin \alpha = \operatorname{tang} \alpha = 0{,}005$$

und $$\cos \alpha = 1.$$

Beim Gesamt-Zug-Gewicht Q ist dann die nötige Zugkraft

auf ebener Strecke $Z_1 = f \,.\, Q = 0{,}002 \,.\, Q$,

bei Steigung 1 : 200 $$Z_2 = Q \,.\, \sin \alpha + f \,.\, Q \,.\, \cos \alpha$$
$$= 0{,}005\, Q + 0{,}002 \,.\, Q$$
$$= 0{,}007\, Q \,.$$

Es ist also $Z_1 : Z_2 = 0{,}002 : 0{,}007 = 1 : 3{,}5.$

Die Zugkraft muß sich also auf das 3,5 fache der normalen Leistung steigern lassen, d. h. die Steigerungsfähigkeit muß 250 % betragen.

162. Aufgabe. Ist Q das Gewicht eines Wagens, so ist die Zugkraft zu ebener Erde $Q \,.\, 0{,}052$ kg. Ist α der Neigungswinkel der Rampe, so ist die Zugkraft auf der Rampe

$$Q \,.\, \sin \alpha + f \,.\, Q \,.\, \cos \alpha.$$

Letztere soll das doppelte der ersteren betragen, also ist

$$Q \,.\, \sin \alpha + f \,.\, Q \,.\, \cos \alpha = 2 \,.\, 0{,}052 \,.\, Q$$

und daher $\quad \sin\alpha + 0{,}052 \,.\, \cos\alpha = 0{,}104.$

Da die Steigung voraussichtlich sehr klein ist, so können wir $\cos\alpha = 1$ setzen und erhalten

$$\sin\alpha = 0{,}052\,,$$

mithin
$$\alpha = 3^0.$$

(Hierbei wird $\cos\alpha = 0{,}9986$, sodaß unsere Annahme $\cos\alpha = 1$ zulässig war.)

Die Länge der Rampe ist dann

$$B = \frac{H}{\operatorname{tang}\alpha} = \frac{5{,}6}{0{,}052} = 108 \text{ m}.$$

163. Aufgabe. Fig. 128. Wir denken uns den Keil in der Mitte getrennt und an jeder Hälfte die Kraft $P = 500$ kg angreifend. Die Teile üben dann an der Stoßfläche gleiche

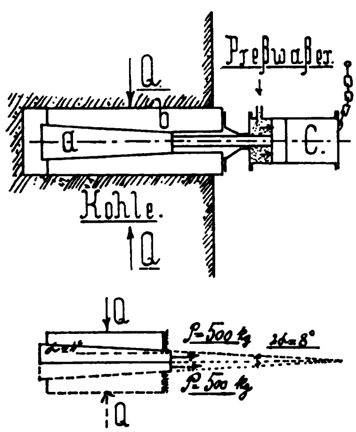


Fig. 128.

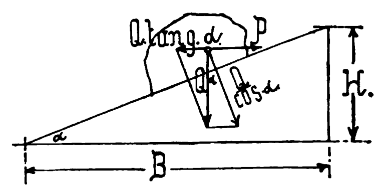


Fig. 129.

Druckkräfte aufeinander aus, ohne sich in der Stoßfläche zu bewegen, also auch ohne Reibung in derselben; diese Druckkräfte wirken einander entgegen und heben sich gegenseitig auf. Der Antrieb P erfolgt hier bei jeder der

schiefen Ebenen in der Richtung der Basis derselben. Es ist also (siehe Fig. 129)

$$P = Q \,.\, \text{tang}\, \alpha + f \,.\, \frac{Q}{\cos \alpha}\,.$$

Wir haben dabei angenommen, daß die Größe des Reibungswiderstandes in der Richtung der Kraft P gleich $f \,.\, \frac{Q}{\cos \alpha}$ ist. Das ist, streng genommen, nicht richtig. Es bezeichnet $f \,.\, \frac{Q}{\cos \alpha}$ den Widerstand in der Richtung der Gleitfläche. Allein bei kleinen Neigungswinkeln kann dieser Fehler gemacht werden; ja man kann sogar, da bei kleinem Winkel α der Wert von $\cos \alpha$ nahezu gleich 1 ist, einfach setzen

$$P = Q \,.\, \text{tang}\, \alpha + f \,.\, Q.$$

Dann erhält man

$$Q = \frac{P}{\text{tang}\, \alpha + f} = \frac{500}{0{,}0699 + 0{,}1} = \frac{500}{0{,}1699}$$
$$= 2950 \text{ kg}.$$

Ohne Reibung wäre $Q = \frac{P}{\text{tang}\, \alpha} = \frac{500}{0{,}0699} = 7153$ kg.

164. Aufgabe. Während des Antreibens muß die Spannsäule gegen horizontale Verschiebung gesichert sein. Diese Sicherung fällt während des Gebrauches der Säule weg. Da die Reibung des Keiles auf der Sohle ($f_2 = 0{,}3$) größer ist als die an der Säule ($f_1 = 0{,}2$), so wird der Keil nicht verschoben werden, sondern die Säule auf dem Keil gleiten, wenn der Neigungswinkel α des Keils zu groß gewählt wird. Für diesen Fall ist der Rückdruck

$$P_1 = Q \,.\, \text{tang}\, \alpha - f_1 \,.\, Q$$

(siehe vorige Aufgabe). Der Reibungswiderstand wirkt dem Rückdruck entgegen, also ist er negativ zu nehmen.

Eine Bewegung wird vermieden, wenn dieser Rückdruck gleich Null wird; dann ist

$$Q \,.\, \text{tang}\, \alpha = f_1 \,.\, Q$$
$$\text{tang}\, \alpha = f_1 = 0{,}1,$$
$$\text{also } \alpha = 6^0.$$

Der Keilwinkel muß also unter 6^0 gehalten werden. Wird der größeren Sicherheit wegen $\alpha = 3^0$ gewählt, so wird $\text{tang}\, \alpha = 0{,}0524$, also

$$P_1 = Q\,(0{,}0524 - 0{,}1),$$

mithin negativ, d. h. man muß noch mit der Kraft P_1 an der Spannsäule ziehen, ehe dieselbe auf der Keilfläche gleitet.

Um den Anpressungsdruck Q zu berechnen, müssen wir beachten, daß der Druck P außer der Komponente des Anpressungsdruckes $Q \,.\, \text{tang}\, \alpha$ auch noch die Reibungswiderstände zwischen Keil und Säule $f_1 \,.\, Q$ und zwischen Keil und Sohle $f_2 \,.\, Q$ zu überwinden hat. Es ist also

$$P = Q \,.\, \text{tang}\, \alpha + f_1 \,.\, Q + f_2 \,.\, Q.$$

Ist $P = 1$ kg, $\text{tang}\, 3^0 = 0{,}052$, $f_1 = 0{,}2$ und $f_2 = 0{,}3$, so ergibt sich

$$Q = \frac{1}{0{,}052 + 0{,}2 + 0{,}3} = \frac{1}{0{,}552} = 1{,}8 \text{ kg}.$$

Es wird also ein Anpressungsdruck $Q = 1{,}8$ kg pro 1 kg Antriebskraft erzeugt.

Ohne Reibung würde sein

$$Q = \frac{P}{\text{tang}\, \alpha} = \frac{1}{0{,}052} = 20 \text{ kg},$$

Dabei wäre dann der Rückdruck-Antrieb $= P = 1$ kg, und der Zweck der Spannsäule könnte nicht erreicht werden.

165. Aufgabe. Fig. 130.

1. Der Antrieb P wirkt parallel der Basis der schiefen Ebene. P wirkt am Hebelarm R, U an r, also ist

$$U = P \,.\, \frac{R}{r}.$$

2. $\operatorname{tang} \alpha = \frac{\text{Ganghöhe}}{\text{Bolzenumfang}} = \frac{h}{2 r \pi}$.

3. Ist Q die Last, so ist $\frac{Q}{\cos \alpha}$ der Druck auf die Gleitfläche; da aber α bei Schrauben sehr klein ist, so ist $\cos \alpha$ nahezu gleich 1 und daher der Druck auf die Gleitfläche annähernd gleich Q zu setzen. Die Komponente von Q parallel der Basis ist $Q \,.\, \operatorname{tang} \alpha$. Es ist also

$$U = Q \,.\, \operatorname{tang} \alpha + f \,.\, Q$$

und $$Q = \frac{U}{\operatorname{tang} \alpha + f} \text{ oder } Q = P \,.\, \frac{R}{r} \cdot \frac{1}{\operatorname{tang} \alpha + f}.$$

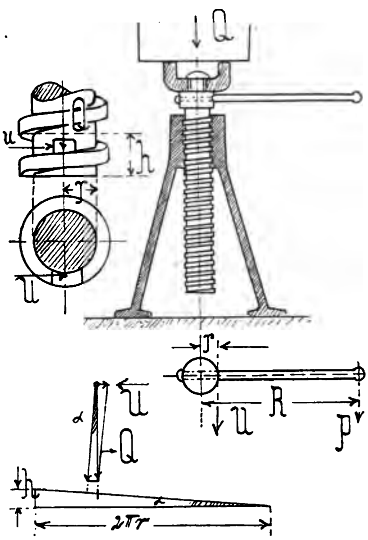


Fig. 130.

4. Das Übersetzungsverhältnis der Schraube ist

$$\frac{1}{n_e} = \frac{U}{Q} = \frac{1}{\operatorname{tang} \alpha + f} \text{ mit Reibung und}$$

$$\frac{1}{n} = \frac{U}{Q} = \frac{1}{\operatorname{tang} \alpha} \text{ ohne Reibung;}$$

für Schraube samt Hebel ist das Übersetzungsverhältnis

$$\frac{1}{n_e} = \frac{P}{Q} = \frac{R}{r\,.\,(\operatorname{tang}\alpha + f)} \text{ mit Reibung}$$

$$\text{und } \frac{1}{n} = \frac{P}{Q} = \frac{R}{r} \cdot \frac{1}{\operatorname{tang}\alpha} \text{ ohne Reibung.}$$

Es ist also der Wirkungsgrad

$$\eta = \frac{1}{n_e} : \frac{1}{n} = \frac{1}{\operatorname{tang}\alpha + f} : \frac{1}{\operatorname{tang}\alpha} = \frac{\operatorname{tang}\alpha}{\operatorname{tang}\alpha + f}.$$

5. Es ist

$$P = \frac{r}{R}\,.\,U \text{ und}$$

$$U = Q\,.\operatorname{tang}\alpha - f\,.\,\frac{Q}{\cos\alpha},$$

also der Rücktrieb der Last Q

$$P = \frac{r}{R}\,Q\left(\operatorname{tang}\alpha - \frac{f}{\cos\alpha}\right).$$

Für kleine Winkel ist $\cos\alpha = 1$, $\operatorname{tang}\alpha$ sehr klein und der Wert von $\operatorname{tang}\alpha - f$ in den meisten Fällen negativ. Für größere Winkel α kann der Rücktrieb jedoch erheblich werden, da dann $\operatorname{tang}\alpha$ groß und $\frac{f}{\cos\alpha}$ klein wird.

6. Der selbsttätige Lastniedergang wird verhindert, wenn der Rücktrieb der Last gleich Null oder negativ wird. (In letzterem Falle muß noch eine Antriebskraft hinzugefügt werden, wenn ein Lastniedergang eintreten soll.) Es muß also

$$\operatorname{tang}\alpha \leqq f$$

sein, weil nur kleine Neigungswinkel in Betracht kommen können.

7. Es ist

$$\begin{aligned} U &= Q\,.\operatorname{tang}\alpha + f\,.\,Q \\ &= 1000\,.\,0{,}0699 + 0{,}1\,.\,1000 \\ &= 69{,}9 + 100 = 170 \text{ kg.} \end{aligned}$$

$$P = \frac{r}{R} \cdot U = \frac{170}{20} = 8{,}5 \text{ kg}.$$

Übersetzung $\frac{U}{Q} = \frac{170}{1000} = \frac{1}{5{,}9}$

" $\frac{P}{Q} = \frac{8{,}5}{1000} = \frac{1}{20 \,.\, 5{,}9} = \frac{1}{118}$

Wirkungsgrad $\eta = \frac{\operatorname{tang} \alpha}{\operatorname{tang} \alpha + f} = \frac{0{,}0699}{0{,}1699} = 0{,}4.$

Selbsthemmung ist vorhanden, denn es ist

$$\operatorname{tang} \alpha \text{ oder } 0{,}0699 < 0{,}1.$$

Der Rücktrieb ist

$$P = \frac{r}{R} \cdot Q\,(\operatorname{tang} \alpha - f)$$

$$= \frac{1}{20} \cdot 1000\,(0{,}0699 - 0{,}1)$$

$$= -1{,}5 \text{ kg},$$

d. h. der Lastniedergang kann erst erfolgen, wenn am Ende des Hebels R eine Kraft von mindestens 1,5 kg in der Drehrichtung des Lastniederganges wirkt.

166. Aufgabe.

$$U = P \cdot \frac{R}{r} = 15 \,.\, 20 = 300 \text{ kg}.$$

$$Q = \frac{U}{\operatorname{tang} \alpha + f} = \frac{300}{0{,}0524 + 0{,}06} = \frac{300}{0{,}1124}$$

$$= 2669 \text{ kg}.$$

$$\frac{U}{Q} = \frac{300}{2669} = \frac{1}{8{,}9}$$

$$\frac{P}{Q} = \frac{15}{2669} = \frac{1}{178}$$

$$\eta = \frac{\text{tang}\,\alpha}{\text{tang}\,\alpha + f} = \frac{0{,}0524}{0{,}1124} = 0{,}46.$$

Selbsthemmung findet statt, da tang $\alpha < f$ ist.

167. Aufgabe. Es ist

$$U = Q\,.\,\text{tang}\,\alpha + f\,.\,Q$$
$$= 1000\,.\,0{,}0699 + 0{,}07\,.\,1000$$
$$= 139{,}9 \text{ kg}.$$

$$U = P\,.\,\frac{R}{r}, \text{ also}$$

$$\frac{R}{r} = \frac{U}{P} = \frac{139{,}9}{10} = \frac{14}{1}.$$

$$\frac{U}{Q} = \frac{139{,}9}{1000} = \frac{1}{7{,}1}$$

$$\frac{P}{Q} = \frac{10}{1000} = \frac{1}{100}$$

$$\eta = \frac{\text{tang}\,\alpha}{\text{tang}\,\alpha + f} = \frac{0{,}0699}{0{,}1399} = 0{,}5.$$

168. Aufgabe.

$$U = P\,.\,\frac{R}{r} = 8\,.\,20 = 160 \text{ kg}$$

$$U = Q\,.\,\text{tang}\,\alpha + f\,.\,Q$$

also
$$\text{tang}\,\alpha = \frac{U - f\,.\,Q}{Q} = \frac{U}{Q} - f$$

$$\frac{U}{Q} = \frac{160}{1000} = \frac{1}{6{,}25}$$

$$\text{tang}\,\alpha = \frac{1}{6{,}25} - 0{,}08 = 0{,}16 - 0{,}08 = 0{,}08$$

$$a = 4^0\,30'.$$

$$\frac{P}{Q} = \frac{8}{1000} = \frac{1}{125}$$

$$\eta = \frac{0,08}{0,08 + 0,08} = \frac{0,08}{0,16} = 0,5.$$

Da $\tan g\, \alpha = f$ ist, befindet sich die Schraube an der Grenze der Selbsthemmung, sodaß bei einer Verringerung der Reibung etwa durch bessere Schmierung ein selbsttätiger Lastniedergang stattfinden würde.

§ 10. Lieferungsmengen von Kolbenmaschinen.

169. Aufgabe. Fig. 131. Eine einfach wirkende Pumpe fördert bei einer Umdrehung der Maschinenwelle nur eine Zylinderfüllung. Eine Zylinderfüllung ist gleich dem Produkt aus dem Kolbenquerschnitt $\frac{d^2 \pi}{4}$ und dem Kolbenhub s. Bei n Umdrehungen der Welle wird also eine

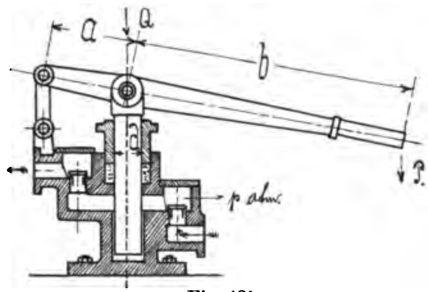


Fig. 131.

Wassermenge $\frac{d^2 \pi}{4} \cdot s \cdot n$ und bei einem Lieferungsgrade φ

$$Q = \frac{d^2 \pi}{4} \cdot s \cdot n \cdot \varphi$$

gefördert. Will man Q in Litern erhalten, so müssen alle Längenmaße in dm ausgedrückt werden. Also setze man

$$d = 2{,}5 \text{ dm}; \; s = 5 \text{ dm, und es ist}$$

$$Q = \frac{2{,}5^2 \pi}{4} \cdot 5 \cdot 24 \cdot 0{,}9 = 530 \text{ Liter.}$$

170. Aufgabe. Es ist für den Untersuchungsfall

$$Q_1 = \frac{d_1^2 \pi}{4} \cdot s_1 \cdot n_1 \cdot \varphi_1,$$

worin $d_1 = d = 2{,}5$ dm; $s_1 = s = 5$ dm, $n_1 = 20$ und $Q_1 = 420$ ist,

$$420 = \frac{2{,}5^2 \pi}{4} \cdot 5 \cdot 20 \cdot \varphi_1.$$

Hieraus ergibt sich $\varphi_1 = \frac{420}{\frac{2{,}5^2 \pi}{4} \cdot 5 \cdot 20} = \frac{420}{491} = 0{,}855.$

Es wurden gefördert: 420 Liter bei 20 Touren; folglich sind für Lieferung von 530 Liter

$$n_2 = 20 \cdot \frac{530}{420} = \text{rd. } 25 \text{ Touren}$$

erforderlich.

171. Aufgabe. Bei der doppelt wirkenden Pumpe werden bei jeder Umdrehung der Maschinenwelle 2 Zylinderfüllungen gefördert, es ist also

$$Q = 2 \frac{d^2 \pi}{4} \cdot s \cdot n \cdot \varphi .$$

und daher $\varphi = \dfrac{Q}{\dfrac{2 d^2 \pi \cdot s\, n}{4}} = \dfrac{815}{2 \cdot \dfrac{3^2 \pi}{4} \cdot 6 \cdot 12} = 0{,}8.$

172. Aufgabe. Die alte Maschine mit Scheibenkolben ist eine doppelt wirkende Pumpe; es ist also

$$Q = 2 \frac{d^2 \pi}{4} \cdot s \cdot n \cdot \varphi$$

$$Q = 2 \cdot \frac{10^2 \pi}{4} \cdot 20 \cdot 10 \cdot 0{,}8 = 25133 \text{ Liter.}$$

Die neue Maschine mit Plungerkolben ist eine einfach wirkende Pumpe; also ist

$$Q_1 = \frac{d_1{}^2 \pi}{4} \cdot s_1 \cdot n_1 \cdot \varphi_1 .$$

$$Q_1 = \frac{d_1{}^2 \pi}{4} \cdot 2 d_1 \cdot 100 \cdot 0{,}9 = Q = 25133$$

und somit $d_1{}^3 = \dfrac{25133 \cdot 4}{\pi \cdot 2 \cdot 100 \cdot 0{,}9} = 177{,}7$ cdm

und $d_1 = 5{,}62$ dm $= 56$ mm.

Demnach $s_1 = 112$ mm.

173. Aufgabe. $Q = 2 \frac{d^2 \pi}{4} . s . n . \varphi$

$$= 2 . \frac{15^2 \pi}{4} . 16 . 15 . 0{,}8 = 67856{,}6 \text{ Liter}$$

$$= 67{,}857 \text{ cbm.}$$

174. Aufgabe. Es ist

$$\varphi = \frac{Q}{\frac{2d^2\pi}{4} . s . n} = \frac{13700}{2 . \frac{5^2 \pi}{4} . 8 . 60}$$

$$= \frac{13700}{18845} = 0{,}73.$$

175. Aufgabe. Es ist

$$\frac{d^2 \pi}{4} = \frac{Q}{2 s n \varphi} = \frac{25{,}3}{2 . 1 . 30 . 0{,}8} = 0{,}5271$$

und daher $d = 0{,}82$ m.

176. Aufgabe. Das Verhältnis der Liefermengen ist

$$\frac{22{,}7}{25{,}3} = 0{,}9,$$

demnach ist der wirkliche Lieferungsgrad

$$\varphi_2 = \varphi_1 . 0{,}9 = 0{,}8 . 0{,}9 = 0{,}72.$$

Die Tourenzahl muß sich mit der Lieferungsmenge direkt proportional erhöhen; es ist also

$$n_2 = n_1 \frac{25{,}3}{22{,}7} = 30 . 1{,}1 = 33 \text{ Touren.}$$

177. Aufgabe. Aus der Formel für die mittlere Kolbengeschwindigkeit

$$c = \frac{2 s n}{60}$$

folgt $s = \frac{c . 60}{2n} = \frac{0{,}5 . 60}{2 . 60} = 0{,}25$ m.

Ferner ist $\frac{d^2\pi}{4} = \frac{Q}{s \cdot n \cdot \varphi}$.

Setzen wir $s = 2{,}5$ dm und $Q = \frac{6300}{60 \cdot 60}$ Liter, so ist

$$\frac{d^2\pi}{4} = \frac{6300}{60 \cdot 60 \cdot 2{,}5 \cdot 0{,}89} \text{ cdm}$$

$$= 0{,}786 \text{ cdm}$$

und mithin $d = 1$ dm $= 0{,}1$ m.

§ 11. Mechanische Arbeit.

178. Aufgabe. Die Wassermenge pro Stunde von $Q = 7500 . 1000$ kg wirkt mit einem Gefälle von $h = 2$ m, folglich ist die hierbei geleistete mechanische Arbeit

$$A_1 = 7500 . 1000 . 2 \text{ mkg}.$$

Die in 1 Sekunde geleistete Arbeit ist dann

$$A_2 = \frac{7500 . 1000 . 2}{60 . 60} \text{ mkg}$$

oder, da 1 Pferdestärke $= 75 \frac{\text{mkg}}{\text{sec}}$ ist,

$$L_2 = \frac{7500 . 1000 . 2}{60 . 60 . 75} PS.$$

Man nennt dieses die indizierte Leistung der Maschine.

$$L_i = \frac{7500 . 1000 . 2}{60 . 60 . 75} = 55\tfrac{5}{9} \; PS.$$

Ein Teil der indizierten Leistung geht in der Turbine auf Überwindung der Reibungswiderstände u. a. verloren, so daß die effektive Leistung nur ein Bruchteil (hier $\eta = 0{,}7$) der indizierten Leistung wird:

$$L_i . \eta = L_e = 55\tfrac{5}{9} . 0{,}7 = \infty\, 39 \; PS.$$

179. Aufgabe. Die in 1 Sekunde zufließende Wassermenge ist $\quad Q = \frac{600}{60} = 10$ kg.

Die Gefällhöhe ist $h = 12$ m, also die indizierte Leistung

$$L_i = Q . h = 10 . 12 \frac{\text{mkg}}{\text{sec}} \text{ oder}$$

$$= \frac{10 . 12}{75} = \tfrac{8}{5} \; PS.$$

Mithin $\quad L_e = \eta . L_i = 0{,}7 . \tfrac{8}{5} = 1{,}1 \; PS.$

180. Aufgabe. Fig. 132. Es wird auf die Maschinenwelle eine Bremscheibe aufgesetzt und die ganze, von der Maschine während des Versuches an die Welle abgegebene Arbeit abgebremst, so daß die effektive Leistung der Maschine ganz durch die Reibungsarbeit aufgezehrt wird. Die Reibungsarbeit wird dabei bestimmt als das Produkt des Reibungswiderstandes und des Weges, auf welchem während des Versuches der Reibungswiderstand überwunden wird. Ist der Radius der Scheibe $r m$, so ist dieser Weg bei n Umdrehungen der Welle $2 r \pi . n$ in der Minute, also $\frac{2 r . \pi . n}{60}$ in der Sekunde, in m gemessen; die Reibungsarbeit also, wenn der durch das Anziehen der Schrauben erzeugte Reibungswiderstand R kg beträgt,

$$\frac{R . 2 r \pi . n}{60} \text{ mkg oder}$$

$$L_e = \frac{R . 2 r \pi . n}{60 . 75} \; PS.$$

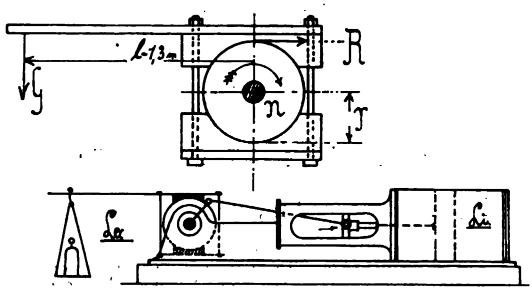


Fig. 132.

Das Produkt Rr wird ausgeglichen durch das Moment $G . l$, also ist

$$L_e = \frac{G . l \, 2 \pi . n}{60 . 75} \; PS.$$

Es ist $G = 1{,}8 + 6 + 55{,}5 = 63{,}3$ kg; $l = 1{,}3$ m und $n = 60$, also

$$L_e = \frac{63{,}3 \,.\, 2\pi \,.\, 60}{60 \,.\, 75} = 6{,}9 \; PS,$$

und daher der Wirkungsgrad der Maschine

$$\eta = \frac{L_e}{L_i} = \frac{6{,}9}{8} = 0{,}86.$$

181. Aufgabe. Für 1 Sekunde ist $Q = \frac{6000}{60} = 100$ kg,

also $$L_i = \frac{Q \,.\, h}{75} = \frac{100 \,.\, 7{,}5}{75} = 10 \; PS.$$

Durch den Bremsversuch ergibt sich

$$L_e = \frac{G \,.\, l \,.\, 2\pi \,.\, n}{60 \,.\, 75} \; PS$$

$$= \frac{175 \,.\, 2 \,.\, 2\pi \,.\, 18{,}5}{60 \,.\, 75} = 9{,}04 \; PS,$$

daher der Wirkungsgrad

$$\eta = \frac{L_e}{Li} = \frac{9{,}04}{10} = 0{,}9.$$

182. Aufgabe. Es ist für das Rad für 1 Sekunde $Q = \frac{5000}{60}$ kg und $h = 12$ m, also

$$L_i = \frac{5000 \,.\, 12}{60 \,.\, 75} \; PS = 13^1/_3 \; PS.$$

Für die Pumpe ist in einer Sekunde $Q = \frac{2000}{60}$ kg und $h = 15$ m, also

$$L_c = \frac{2000 \,.\, 15}{60 \,.\, 75} \; P.S. = 6^2/_3 \; PS,$$

mithin $$\eta = \frac{L_e}{L_i} = \frac{2000 \,.\, 15}{5000 \,.\, 12} = 0{,}5.$$

183. Aufgabe. Für das Wasserrad ist nach der vorigen Aufgabe $L_i = 13^1/_3\ PS$,
nach dem Bremsversuche

$$L_e = 9{,}3\ PS,$$

mithin ist der Wirkungsgrad des Wasserrades

$$\eta_1 = \frac{L_e}{L_i} = \frac{9{,}3 \cdot 3}{40} = 0{,}7.$$

Die effektive Leistung des Wasserrades ist zugleich die indizierte Leistung der Pumpe; also ist für die Pumpe
$L_i = 9{,}3$ und, da nach der Aufgabe 182
$L_e = 6^2/_3$, so folgt

$$\eta_2 = \frac{20}{3 \cdot 9{,}3} = 0{,}72.$$

Das Produkt der Wirkungsgrade der einzelnen Teile der Anlage ist gleich dem Wirkungsgrade der ganzen Anlage. Es ist also

$$\eta = \eta_1 \cdot \eta_2.$$

Es konnte also η_2 auch bestimmt werden durch

$$\eta_2 = \frac{\eta}{\eta_1} = \frac{0{,}5}{0{,}7} = 0{,}72.$$

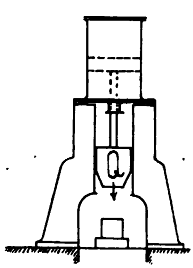


Fig. 133.

184. Aufgabe. Fig. 133. Es ist

$$Q = 18000 \text{ kg}, \ h = \frac{1{,}4}{2} \text{ m/sec, also}$$

$$L_e = \frac{18000 \cdot 1{,}4}{2 \cdot 75} = 168\ PS.$$

185. Aufgabe. Es ist $Q = 2000$ kg, $h = 0{,}4 \cdot \frac{80}{60}$ m/sec,

also $$L_e = \frac{2000 \cdot 0{,}4 \cdot 80}{60 \cdot 75} = \infty\ 14\ PS.$$

186. Aufgabe. Es ist $Q = 1200$ kg, $h = \frac{240}{48}$ m/sec, also

$$L_e = \frac{1200 \cdot 240}{48 \cdot 75} = 80 \; PS.$$

187. Aufgabe. Es ist $Q = 6000$ kg, $h = 4$ m/sec, also

$$L_e = \frac{6000 \cdot 4}{75} = 320 \; PS.$$

Die effektive Leistung L_e der Fördermaschine ist gleich der indizierten Leistung der Antriebsmaschine, multipliziert mit dem Produkt der Wirkungsgrade der beiden Teile der Anlage:

$$L_e = L_i \cdot \eta_1 \cdot \eta_2.$$

Also ist $$L_i = \frac{L_e}{\eta_1 \cdot \eta_2} = \frac{320}{0{,}9 \cdot 0{,}85} = \infty\, 418 \; PS.$$

188. Aufgabe. Nach der vorigen Aufgabe ist

$$L_e = L_i \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \; PS.$$

$$A_e = 500 \cdot 75 \cdot 0{,}9 \cdot 0{,}97 \text{ mkg/sec}$$

$$= 32\,737{,}5 \text{ mkg/sec.}$$

Es ist nun $A_e = Q \cdot c$ mkg/sec, also

$$Q = \frac{A_e}{c} = \frac{32\,737{,}5}{6} = 5456 \text{ kg.}$$

189. Aufgabe. Ist c m/sec die gesuchte Fördergeschwindigkeit, so ist die effektive Leistung in mkg/sec

$$2000 \cdot c = 75 \cdot 75$$

Also $$c = \frac{75 \cdot 75}{2000} = 2{,}8 \text{ m.}$$

190. Aufgabe. Für die Pumpe ist $Q = \frac{2125}{60}$ kg/sec und

$$h = 180 \text{ m, also}$$

$$L_e = \frac{2125 \,.\, 180}{75 \,.\, 60} = 85 \; PS.$$

Die effektive Leistung der Dampfmaschine ist gleich der indizierten Leistung der angetriebenen Pumpe; die letztere ist

$$L_i = \frac{L_e}{\eta} = \frac{85}{0{,}85} = 100 \; PS$$

Ebensoviel beträgt also auch die effektive Leistung der Antriebsmaschine, während ihre indizierte Leistung entsprechend größer ist.

191. Aufgabe. Die effektive Leistung der Anlage ist

$$L_e = \frac{2400 \,.\, 250}{60 \,.\, 75} = 133^1/_2 \; PS.$$

mithin $$L_i = \frac{L_e}{\eta} = \frac{400}{3 \,.\, 0{,}8} = 167 \; PS.$$

192. Aufgabe. Die effective Arbeit der Pumpe ist

$$A_e = 6 \,.\, 75 \,.\, 0{,}8 = 360 \text{ mkg/sec.}$$

Ist Q_1 die in 1 Sekunde auf 20 m Höhe gehobene Wassermenge, so ist

$$A_e = Q_1 \,.\, 20 \text{ mkg/sec.}$$

Also $Q_1 = \frac{360}{20} = 18$ kg oder Liter, mithin für 1 Minute

$$Q_2 = 18 \,.\, 60 = 1080 \text{ Liter.}$$

193. Aufgabe. Die effektive Leistung der Anlage ist

$$L_e = \frac{8000 \,.\, 8}{75} = 853{,}33 \; PS.$$

Es ist die indizierte Leistung der Antriebsmaschine

$$L_i = \frac{L_e}{\eta_1 \,.\, \eta_2}$$

$$= \frac{853}{0.9 \,.\, 0{,}85} = 1011 \; PS.$$

194. Aufgabe. Die effektive Arbeit der Dampfanlage (200 . 75 mkg/sec) ist gleich der indizierten Arbeit der Pumpen; also ist die effektive Arbeit der Pumpen

$$A_e = 200 \,.\, 75 \,.\, 0{,}9 = 13500 \text{ mkg/sec.}$$

Ist Q_1 die in 1 Sekunde geförderte Wassermenge, so ist auch

$$A_e = Q_1 \,.\, 70 \text{ mkg/sec.}$$

Es ist mithin $Q_1 = \frac{13500}{70} = 193$ kg oder Liter.

Für 10 Stunden ist

$$Q = 193 \,.\, 60 \,.\, 60\; 10\, \text{l} = 6948 \text{ cbm.}$$

Soll die gelieferte Wassermenge $Q_2 = 8500$ cbm betragen, so muß die Betriebszeit in demselben Verhältnis verlängert werden; es ist also

$$t = \frac{10 \,.\, 8500}{6948} = \infty\; 12^1/_4 \text{ Stunden.}$$

195. Aufgabe. Es sind pro Tag zu liefern 1200 . 180 l, daher bei 10stündigem Betriebe pro Sekunde zu heben

$$Q = \frac{12000 \,.\, 180}{10 \,.\, 60 \,.\, 60} = 60 \text{ Liter oder kg.}$$

Die Förderhöhe beträgt $h = 70$ m, also ist

$$L_e = \frac{60 \,.\, 70}{75} = 56\; PS.$$

Bei ständigem Betriebe ist eine verhältnismäßig geringere effektive Leistung erforderlich; es ist dann

$$L_e = \frac{56 \,.\, 10}{24} = 23{,}33\; PS.$$

Die effektive Leistung der Anlage ist gleich der effektiven Leistung der Antriebsmaschine (des Gasmotors), multipliziert mit dem Produkte der Wirkungsgrade der einzelnen Teile; denn die effektive Leistung der Antriebsmaschine ist gleich der indizierten Leistung der übrigen Anlage $L_e = L_i \,.\, \eta_1 \,.\, \eta_2 \,.\, \eta_3 \,.\, \eta_4.$

Mithin ist $$L_i = \frac{L_e}{\eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \cdot \eta_4}.$$

$$\eta_1 \cdot \eta_2 \, \eta_3 \cdot \eta_4 = 0{,}97 \,.\, 0{,}98 \,.\, 0{,}9 \,.\, 0{,}8 = 0{,}684$$

Für 10stündigen Betrieb muß also der Gasmotor

$$\frac{56}{0{,}684} = \infty\, 82 \; PS$$

und für ständigen Betrieb

$$\frac{23{,}33}{0{,}684} = \infty\, 34 \; PS \text{ liefern.}$$

196. Aufgabe. $Q = 20000 + 5000 = 25000$ kg.

Geschwindigkeit $c = \frac{6000}{60 \,.\, 60} = \frac{10}{6}$ m/sec.

Reibungswiderstand $R = Q \,.\, f = 0{,}01 \,.\, 25000 = 250$ kg.

Die Leistung, welche den Reibungswiderstand von 250 kg auf einem Wege von $\frac{10}{6}$ m/sec überwindet, muß also sein:

$$L_e = 250 \cdot \frac{10}{6} \cdot \frac{1}{75} = 5{,}6 \; PS.$$

197. Aufgabe. Die zulässige Belastung des Wagens sei x kg, dann ist die zu befördernde Last $(400 + x)$ kg, der zu überwindende Reibungswiderstand also

$$R = (400 + x)\, 0{,}125.$$

Da $c = 1$ m/sec ist, folgt

$$L_e = \frac{(400 + x)\, 0{,}125 \,.\, 1}{75} = 2{,}5 \; PS$$

und $$x = \frac{2{,}5 \,.\, 75}{0{,}125} - 400 = 1100 \text{ kg}.$$

198. Aufgabe. Fig. 134. Ist α der Neigungswinkel der Chaussee, so ist die parallel der schiefen Ebene wirkende Komponente der Last $(400 + x)$ kg

$$Q_1 = (400 + x) \sin \alpha$$

und die senkrecht zur Ebene wirkende Komponente

$$Q_2 = (400 + x) \cdot \cos \alpha,$$

der Reibungswiderstand also

$$R = (400 + x) \cdot \cos \alpha \cdot 0{,}125.$$

Die erforderliche Zugkraft ist

$$P = (400 + x) (\sin \alpha + 0{,}125 \cdot \cos \alpha).$$

Bei der Steigung 1 : 100 ist

$$\sin \alpha = 0{,}01 \text{ und } \cos \alpha = 0{,}999 = \infty 1 \text{ und somit}$$

$$Q = (400 + x)(0{,}01 + 0{,}125) = (400 + x)\, 0{,}135.$$

$$c = 1 \text{ m/sec.}$$

Mithin $L_e = \frac{(400 + x) \cdot 0{,}135 \cdot 1}{75} = 2{,}5\ PS$

und $x = \frac{2{,}5 \cdot 75}{0{,}135} - 400 = 989$ kg.

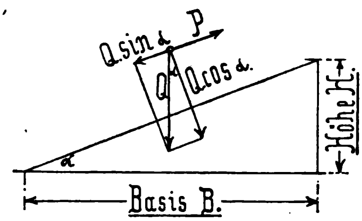


Fig. 134.

Bei einem Steigungsverhältnis 1 : 100 beträgt die Größe des Neigungswinkels nur 40 Minuten. Vergleichen wir das Ergebnis der 198. Aufgabe mit demjenigen der 197. Aufgabe, so sehen wir, wie stark sich trotz der geringen Steigung der Chaussee die zulässige Belastung des Wagens verringert; von 1100 kg fällt sie auf 989 kg. Bei einer Steigung 1 : 50 ist $\sin \alpha = 0{,}02$, $\cos \alpha = 0{,}99\,979 = \infty 1$ und $\alpha = 80' = 1^0\, 20'$, und es wird $\sin \alpha + 0{,}125 \cos \alpha = 0{,}02 + 0{,}125 = 0{,}145$, also

$$x = \frac{2{,}5 \cdot 75}{0{,}145} - 400 = 893 \text{ kg.}$$

Runden wir die Ergebnisse 1100, 989 und 893 auf 1100,

1000, 900 ab, so können wir sagen, daß mit einer Steigerung des Neigungswinkels um je 40 Minuten eine Abnahme der zulässigen Belastung um ungefähr je 100 kg, das sind 2 Zentner, eintritt. Doch gilt dieses Gesetz nur bis zu einem Neigungswinkel von etwa 3^0, da bei größeren Winkeln nicht mehr $\cos\alpha = 1$, sondern kleiner als 1 gesetzt werden muß und infolgedessen der Wert von $\sin\alpha + 0{,}125 \cos\alpha$ nicht in demselben Maße zunimmt, wie bei den Winkeln, die kleiner als 3^0 sind. Gar keine Last mehr vermag der Wagen zu schleppen bei $\alpha = 20^0\,30'$. Es ist dann $\sin\alpha = 0{,}35$; $\cos\alpha = 0{,}9367$;

$$\sin\alpha + 0{,}125 \, . \cos\alpha = 0{,}467 \text{ und}$$

$$x = \frac{2{,}5 \, . \, 75}{0{,}467} - 400 = \infty\, 0 \text{ kg.}$$

199. Aufgabe.

$$Q = 10000 + 12 \, . \, 6000 = 82000 \text{ kg.}$$

Reibungswiderstand

$$R = 82000 \, . \, 0{,}02 = 1640 \text{ kg.}$$

Geschwindigkeit $c = 4$ m/sec.

Also $$L_e = \frac{1640 \, . \, 4}{75} = 87{,}5 \text{ PS.}$$

200. Aufgabe. Ist n die Zahl der Wagen, so ist

$$Q = 10000 + n \, . \, 6000 \text{ kg.}$$
$$R = Q \, . \, 0{,}02 = 200 + 120\, n \text{ kg.}$$
$$c = 4 \text{ m/sec.}$$
$$L_e = 150 = \frac{(200 + 120\, n) \, . \, 4}{75}.$$

Also $$n = \frac{\frac{150 \, . \, 75}{4} - 200}{120} = \infty\, 22 \text{ Wagen.}$$

Bei einer Steigung 1 : 80 ist $\alpha = 40' 3''$, $\sin \alpha = 0{,}0125$, $\cos \alpha = 0{,}9999$, also

$$\sin \alpha + 0{,}02 \cos \alpha = 0{,}0125 + 0{,}0199 = 0{,}0324.$$

Mithin

$$Q = (10000 + n \,.\, 6000) \,.\, 0{,}0324 = 324 + 193{,}8\, n$$

und $L_e = 150 = \frac{(324 + 193{,}8\, n) \,.\, 4}{75}$.

Also

$$n = \frac{\frac{150 \,.\, 75}{4} - 324}{193{,}8} = \infty\ 14 \text{ Wagen.}$$

201. Aufgabe. Es laufen auf jeder Seite

$$n = \frac{1200}{10} = 120 \text{ Wagen.}$$

Das Gewicht der 120 vollen Wagen ist	$G_1 =$	120000 kg
„ „ „ 120 leeren „ „	$G_2 =$	42000 kg
„ „ des Seiles (2400 . 1,85) „	$G_3 =$	4440 kg.
Das zu befördernde Gesamtgewicht also	$G =$	166440 kg.

Die Zugkraft muß also sein

$$P = 166440 \,.\, 0{,}02 = 3328{,}8 \text{ kg}$$

und die effektive Leistung der Fördermaschine

$$L_e = \frac{3328{,}8 \,.\, 0{,}75}{75} = 33{,}3\ PS.$$

202. Aufgabe. Die Umfangsgeschwindigkeit der Riemenscheibe ist nach der Formel

$$c = \frac{D\, \pi \,.\, n}{60} \text{ m/sec}$$

$$c = \frac{1{,}3 \,.\, \pi \,.\, 80}{60} = 5{,}54 \text{ m/sec.}$$

Ohne Berücksichtigung der Widerstände ist

$$A_e = P \, . \, c \text{ mkg/sec} \quad \text{und} \quad A_e = 75 \, L_e = 75 \, . \, 6 \text{ mkg/sec},$$

daher $$75 \, . \, 6 = P \, . \, 5{,}54$$

und $$P = 81 \text{ kg}.$$

Bei Berücksichtigung der Reibungswiderstände muß P größer genommen werden, und zwar

$$P_1 = P : \eta = \frac{81}{0{,}95} = 85 \text{ kg}.$$

203. Aufgabe. Ist n die Tourenzahl, so ist die Umfangsgeschwindigkeit

$$c = \frac{0{,}8 \, . \, \pi \, . \, n}{60} \text{ m/sec}.$$

Also ist

$$L_i = \frac{100 \, . \, 0{,}8 \, . \, \pi \, . \, n}{60 \, . \, 75} \, PS.$$

und somit

$$L_e = L_i \, . \, \eta = \frac{100 \, . \, 0{,}8 \, \pi \, . \, n}{60 \, . \, 75} \, . \, 0{,}95 = 4 \, PS.$$

Demnach

$$n = \frac{4 \, . \, 60 \, . \, 75}{100 \, . \, 0{,}8 \, \pi \, . \, 0{,}95} = \infty \, 75 \text{ Umdrehungen}.$$

204. Aufgabe. Die Umfangsgeschwindigkeit des Zahnrades ist $$c = \frac{1{,}6 \, \pi \, . \, 40}{60} = 3{,}35 \text{ m/sec}.$$

Ist P kg der Zahndruck, so ist

$$L_e = \frac{P \, . \, 3{,}35 \, . \, 0{,}91}{75} = 15 \, PS.$$

Also $$P = \frac{15 \, . \, 75}{3{,}35 \, . \, 0{,}91} = 369 \text{ kg}.$$

205. Aufgabe. Es ist

$$Q = 15000 \text{ kg},$$

der Reibungswiderstand

$$R = 15000 \,.\, 0{,}07 = 1050 \text{ kg},$$

seine Umfangsgeschwindigkeit

$$c = \frac{0{,}18 \,.\, \pi \,.\, 45}{60} = 0{,}424 \text{ m/sec},$$

also die zur Überwindung der Reibungswiderstände erforderliche Arbeit

$$L = \frac{1050 \,.\, 0{,}424}{75} = \infty\, 5{,}9 \; PS.$$

206. Aufgabe. Der Durchmesser des Kolbens ist $d = 36$ cm, also die Kolbenfläche $F = 1017{,}88$ qcm. Beträgt der mittlere Dampfüberdruck p Atmosphären, d. h. p kg auf 1 qcm Kolbenfläche, so ist der gesamte Dampfdruck

$$P = 1017{,}88 \,.\, p \text{ kg}.$$

Da der Kolbenhub $s = 0{,}8$ m beträgt, so ist für einen Kolbenhub die mechanische Arbeit des Dampfes

$$A = 1017{,}88 \,.\, p \,.\, 0{,}8 \text{ mkg}.$$

Es ist bei 40 Touren in der Minute die Anzahl der Kolbenhübe $\frac{2 \,.\, 40}{60} = \frac{4}{3}$ in der Sekunde, also die sekundliche Leistung des Dampfes

$$A_i = \frac{4}{3} \,.\, 1017{,}88 \,.\, p \,.\, 0{,}8 \text{ mkg/sec und mithin}$$

$$L_i = 72 = \frac{4}{3} \,.\, 1017{,}88 \,.\, p \,.\, 0{,}8 \; \frac{1}{75} \; PS,$$

woraus folgt

$$p = \frac{72 \,.\, 3 \,.\, 75}{4 \,.\, 1017{,}88 \,.\, 0{,}8} = \infty\, 5 \text{ Atmosphären}.$$

207. Aufgabe. Um das Gewicht der Wassermenge in kg zu erhalten, bestimmen wir das Volumen derselben in cdm oder l, also alle Längenmaße für die Volumenberechnung in dm. Es ist demnach

$$d = 2{,}5 \text{ dm und}$$
$$F = 4{,}909 \text{ qdm}$$
$$s = 5 \text{ dm,}$$

also die bei einem Doppelhub geförderte Wassermenge

$$V = 4{,}909 \,.\, 5 \text{ cdm} \quad \text{und ihr Gewicht}$$
$$Q_1 = 24{,}545 \text{ kg.}$$

Die Zahl der Doppelhübe in der Sekunde ist $\frac{24}{60} = 0{,}4$, also das in einer Sekunde geförderte Gewicht

$$Q = 24{,}545 \,.\, 0{,}4 = 9{,}818 \text{ kg.}$$

Soll dieses Gewicht auf eine Höhe von x m gehoben werden, so ist dazu erforderlich eine effektive Leistung

$$L_e = \frac{9{,}818 \,.\, x}{75} \, PS.$$

und eine indizierte Pumpenleistung = effektiver Dampfleistung

$$L_i = \frac{L_e}{\eta} = \frac{9{,}818 \,.\, x}{75 \,.\, 0{,}9} = 18 \, PS.$$

Es ist demnach $x = \frac{18 \,.\, 75 \,.\, 0{,}9}{9{,}818} = 124$ m.

208. Aufgabe. $d = 28$ cm

$$F = 615{,}75 \text{ qcm}$$
$$P = F \,.\, p = 615{,}75 \,.\, 4 = 2463 \text{ kg}$$
$$c = \frac{2\,s \,.\, n}{60} = \frac{0{,}8 \,.\, 40}{60} = 0{,}533 \text{ m/sec}$$
$$L_i = \frac{P \,.\, c}{75} = \frac{2463 \,.\, 0{,}533}{75} = 17{,}5 \, PS.$$

209. Aufgabe. $d = 3{,}6$ dm

$$F = 10{,}1788 \text{ qdm}$$

$$c = \frac{s \cdot 22}{60} = \frac{4{,}5 \cdot 22}{60} = 1{,}65 \text{ dm/sec}$$

$$V = F \cdot c = 10{,}1788 \cdot 1{,}65 = 16{,}795 \text{ cdm.}$$

Also ist die in einer Sekunde geförderte Wassermenge von einem Gewicht $Q = 16{,}795$ kg und, da diese auf 16 m Höhe gehoben werden soll, die effektive Leistung der Pumpe

$$L_e = \frac{16{,}795 \cdot 16}{75} = 3{,}583 \; P.S.$$

Mithin die indizierte Leistung der Pumpe

$$\text{I.} \quad L_i = \frac{L_e}{\eta_1} = \frac{3{,}583}{0{,}8} = 4{,}48 \; PS$$

und demnach die indizierte Leistung der Antriebsmaschine

$$\text{II.} \quad L_i = \frac{4{,}48}{0{,}9} = 4{,}98 \; PS.$$

210. Aufgabe. $d = 30$ cm

$$F = 706{,}86 \text{ qcm}$$

$$P = F \cdot p = 706{,}86 \cdot 4 = 2827{,}44 \text{ kg.}$$

$$c = \frac{2 \cdot s \cdot n}{60} = \frac{2 \cdot 0{,}6 \cdot 40}{60} = 0{,}8 \text{ m/sec.}$$

Also $$L_e = \frac{2827{,}44 \cdot 0{,}8}{75} \cdot 0{,}75 = 22{,}6 \; PS.$$

§ 12. Hydraulische Presse.

211. Aufgabe. Fig. 135.

$$d : D = 1 : 10$$
$$d^2 : D^2 = 1 : 100$$
$$P : Q = d^2 : D^2$$
$$25 : Q = 1 : 100$$
$$Q = 2500 \text{ kg.}$$

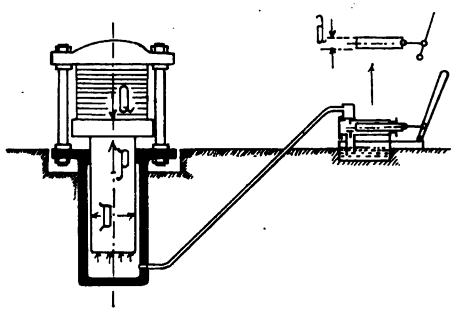


Fig. 135.

212. Aufgabe.

$$P : Q = d^2 : D^2$$
$$P : 1500 = 1 : 81$$
$$P = \frac{1500}{81} = 18{,}5 \text{ kg.}$$

213. Aufgabe.

$$d^2 : D^2 = 15 : 1000$$
$$\frac{d}{D} = \sqrt{\frac{15}{1000}} = \sqrt{0{,}0150} = 0{,}122 = \infty \frac{1}{8}$$

also ungefähr $d : D = 1 : 8$.

214. Aufgabe. Das Übersetzungsverhältnis des Hebels ist

$$900 : 40 = 22{,}5,$$

also ist der Druck auf den Pumpenkolben

$$P = 22{,}5 \,.\, 5 = 112{,}5 \text{ kg}$$

und

$$Q_1 : P = D^2 : d^2$$

$$Q_1 : 112{,}5 = 81 : 1$$

$$Q_1 = 112{,}5 \,.\, 81 = 9112{,}5 \text{ kg},$$

also der von den 16 Pressen ausgeübte Druck

$$Q_2 = 16 \,.\, Q_1 = 145800 \text{ kg} = 145{,}8 \text{ t}.$$

Für $P_2 = 12$ kg, wird

$$P = 22{,}5 \,.\, 12 = 270 \text{ kg}$$

$$Q_1 = 270 \,.\, 81 = 21870 \text{ kg}$$

und

$$Q_2 = 21870 \,.\, 16 = 349920 \text{ kg} = 349{,}92 \text{ t}.$$

B. Festigkeitslehre.

§ 1. Zug- und Druck-Festigkeit.

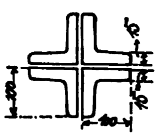


Fig. 136.

215. Aufgabe. Fig. 136. Die Querschnittsfläche ist $F = 4\,(100 \,.\, 15 + 85 \,.\, 15)$
$= 4 \,.\, 185 \,.\, 15$ $F = 11100$ qmm.

Die zulässige Beanspruchung auf 1 qmm Querschnitt beträgt 7,5 kg; also ist der zulässige Zug $P = 11100 \,.\, 7{,}5 = 83250$ kg.

216. Aufgabe. Die Querschnittsfläche ist

$$F = 30^2 = 900 \text{ qmm},$$

also

$$P = 900 \,.\, 6 = 5400 \text{ kg}.$$

217. Aufgabe. Das Eigengewicht drücken wir durch das Produkt aus Volumen und spezifischem Gewicht aus:

$$G = V \,.\, s.$$

Um G in kg zu erhalten, nehmen wir sämtliche Längenmaße in dm. Der Querschnitt des Gestänges sei F qdm; die Länge ist $l = 3000$ dm; also ist

$$G = F \,.\, 3000 \,.\, 7{,}5 = F \,.\, 22500 \text{ kg}.$$

Zu dem Eigengewicht G kommt die Last von 30000 kg hinzu; diese Gesamtlast darf nur $F \,.\, 80000$ kg betragen, da 1 qdm nur mit 80000 kg belastet werden darf. Es gilt also die Gleichung

$$F \,.\, 22500 + 30000 = F \,.\, 80000,$$

und es ist $$30000 = F \,.\, 57500,$$

mithin $$F = 0{,}52 \text{ qdm} = 52 \text{ qcm}.$$

Ist der Querschnitt des Gestänges quadratisch, so ergibt sich als Seite des Querschnitts

$$a = \infty\, 7{,}2 \text{ cm}.$$

218. Aufgabe. Es ist $F = \frac{3{,}6^2 \,.\, \pi}{4} = 10{,}18$ qcm,

also $$P = 10{,}18 \,.\, 750 = 7635 \text{ kg}.$$

219. Aufgabe. Es ist $8000 = F \,.\, 7{,}5$,

also $F = \frac{8000}{7{,}5} = 1067$ qmm,

mithin $d = \infty\, 37$ mm.

220. Aufgabe. $F = \frac{1700}{1{,}67} = 1018$ qmm

$d = \infty\, 36$ mm.

221. Aufgabe. Ist F der Querschnitt des Seiles in qdm und x die Länge in m, so ist das Gewicht des Seiles

$$G = F \,.\, \mathrm{x} \,.\, 10 \,.\, 7{,}8 \text{ kg}.$$

Die auf 1 qdm kommende Bruchlast ist 1560000 kg, also ist

$$F \,.\, x \,.\, 10 \,.\, 7{,}8 = F \,.\, 1560000.$$

Da F sich aus dieser Gleichung hebt, so folgt, daß der Querschnitt des Seiles auf die Länge des Seiles, das sich selbst tragen soll, ohne Einfluß ist.

Es ist $x = \frac{1560000}{10 \,.\, 7{,}8} = 20000$ m.

Die Bruchlänge x ist also direkt proportional der Bruchfestigkeit und indirekt proportinal dem spezifischen Gewicht.

Bei 5 facher Sicherheit ist die selbsttragende Länge des Seiles mithin 4000 m und bei 10 facher Sicherheit 2000 m. Aus diesen Teufen kann keine Nutzlast gefördert werden.

Ist das Seil nur 200 m lang, so kann es bei 5 facher Sicherheit eine Last tragen, deren Gewicht gleich dem Gewicht von (4000—200) m Seil ist. Auf 1 qcm Querschnitt beträgt dieses Gewicht $G = 0{,}01 \,.\, 3800 \,.\, 10 \,.\, 7{,}8 = 2964$ kg.

So viel lassen sich also bei 5 facher Sicherheit auf 1 qcm Seilquerschnitt aus einem 200 m tiefen Schachte fördern.

Für verschiedenes Material ergibt sich folgende Tabelle:

Material	spezifisch. Gewicht	Bruch-festigkeit in kg/qcm	Bruch-länge in m	Trägläng. b. 5 facher Sicher-heit	Fördergew. bei 5 facher Sicher-heit u. 200 m Tiefe auf 1 qcm Querschnitt.
Hanfseil	1,2	1000	8400	1620 m	170 kg
Eisenseil	7,5	3500	4500	900 m	526 kg
Stahlseil	7,8	7000	9000	1800 m	1248 kg
		10000	13000	2600 m	1872 kg
		15600	20000	4000 m	2964 kg.

Auffallend ist, daß die Bruchlänge des Hanfseiles fast doppelt so groß wie die Bruchlänge des Eisenseiles und fast ebenso groß wie die Bruchlänge eines Seiles von der geringsten Stahlsorte ist. Das findet jedoch seine Erklärung darin, daß sich bei dem 1. und 3. Material Bruchfestigkeit und spezifisches Gewicht nahezu wie 1000 : 1 verhalten, während bei Eisen dieses Verhältnis nur ungefähr 500 : 1, also halb so groß ist.

222. Aufgabe. Es ist

$$F = 7 \,.\, 18 \,.\, \frac{2{,}5^2 \pi}{4} = 617{,}4 \text{ qmm.}$$

Ist die Tragfähigkeit 18000 kg bei 5 facher Sicherheit, so ist die Bruchbelastung 18000 . 5 = 90000 kg. Bezeichnet

man die Bruchfestigkeit auf 1 qmm mit k kg, so ist die Bruchlast für 617,4 qmm gleich 617,4 . k kg. Es ist also

$$617{,}4 \,.\, k = 90000,$$

$$\text{mithin } k = 145 \text{ kg/qmm.}$$

223. Aufgabe. Das zu fördernde Gewicht beträgt

$$Q_1 = 500 + 625 = 1125 \text{ kg.}$$

Das Seilgewicht ist bei einem Gesamtquerschnitt des Seiles von F qmm für Eisendraht

$$Q_2 = F \,.\, 800 \,.\, 0{,}008 = 6{,}4\, F \text{ kg.}$$

Das gesamte Gewicht ist daher

$$Q = Q_1 + Q_2 = 1125 + 6{,}4\, F \text{ kg.}$$

Bei einer Neigung von 30^0 ist dieses mit ($\sin 30^0 + f \,.\, \cos 30^0$) zu multiplizieren, um den in der Richtung der schiefen Ebene wirkenden Seilzug zu erhalten. Andererseits dürfen die F qmm Querschnitt mit einem Zug von F . 6 kg belastet werden. Es ergibt sich also

$$(1125 + 6{,}4\, F) \,.\, (\sin 30^0 + 0{,}01 \,.\, \cos 30^0) = F \,.\, 6,$$

und da $\sin 30 + 0{,}01 \cos 30 = 0{,}50866$,

$$(1125 + 6{,}4\, F)\, 0{,}50866 = F \,.\, 6,$$

so ist

$$F = 208 \text{ qmm.}$$

Für Stahldraht ist dagegen

$$Q_2 = F \,.\, 800 \,.\, 0{,}01 = 8\, F,$$

also

$$(1125 + 8\, F) \,.\, 0{,}50866 = 13 \,.\, F$$

und

$$F = 64 \text{ qmm.}$$

224. Aufgabe. Ist F der Querschnitt eines Drahtes in qcm, so ist die zulässige Beanspruchung des Seiles

$$F \,.\, 180 \,.\, 1500 \text{ kg} = 270000\, F \text{ kg.}$$

Das Seilgewicht ist $8000 \,.\, \frac{F}{100} \,.\, 180 \,.\, 7{,}8 = 112320 \,.\, F$ kg, das zu fördernde Gewicht 12000 kg, also der Gesamtzug:

$$12000 + 112320\, F = 270000\, F.$$

$$\text{Mithin ist } F = 0{,}0767 \text{ qcm} = 7{,}67 \text{ qmm,}$$

$$\text{also } d = 3{,}1 \text{ mm.}$$

225. Aufgabe. Bei der Berechnung der stärksten Beanspruchung des Seiles müssen 140 volle Wagen, 140 leere Wagen und das Eigengewicht des Seiles berücksichtigt werden. Hat das Seil F qmm Querschnitt in sämtlichen Drähten, so hat es bei einer Länge von 2800 m ein Gewicht von $\frac{F}{10000} . 2800 . 10 . 7{,}8 = F . 2{,}8 . 7{,}8 = 21{,}84\, F$ kg.

Die 140 vollen Wagen wiegen	140 . 1000 kg	und
die 140 leeren	140 . 350 kg,	also
alle zusammen	140 . 1350 = 189000 kg.	

Der Gesamtzug im Seil ist also

$$(21{,}84\, F + 189000)\, 0{,}01 = F . 10$$

und somit $F = 193$ qmm.

Der größte im Seil auftretende Zug ist

$$P = F . 10 = 1930 \text{ kg}.$$

Ist n die Anzahl der Drähte, q in qmm der Querschnitt eines Drahtes und d der Drahtdurchmesser, so ist $F = n . q$ und $q = \frac{d^2 \pi}{4}$, also

für $n =$ 42	ist q = 4,6 qmm	und	d = 2,4 mm
= 49	= 3,9 „		= 2,2 „
= 72	= 2,7 „		= 1,8 „
= 84	= 2,3 „		= 1,7 „
= 96	= 2,0 „		= 1,6 „
= 114	= 1,7 „		= 1,5 „

226. Aufgabe. Fällt das Seilgewicht außer Betracht, so ist $189000 . 0{,}01 = F . 10$,

also $F = 189$ kg

und $P = 1890$ kg.

227. Aufgabe. Da die Tiefe des Schachtes nicht gegeben ist, so kann das Seilgewicht bei der Berechnung nicht

berücksichtigt werden. Der im Seil auftretende Zug ist

$$P = 1000\ (\sin 60^0 + 0{,}35 \cos 60^0) = 1041 \text{ kg.}$$

Es ist daher $F = \frac{1041}{1{,}4} = 743$ qmm

und, wenn man das Hanfseil mit vollem Querschnitt rechnet,

$$D = 30{,}75 \text{ mm.}$$

228. Aufgabe. Die Fläche des Fußes ist

$$F = \frac{18000}{12} = 1500 \text{ qcm,}$$

also die Seite $x = \sqrt{1500} = 38{,}8$ cm.

229. Aufgabe. Die Auflagefläche ist

$$a \,.\, 200 = \frac{6000}{0{,}12} = 50000,$$

also ist $a = 250$ mm.

230. Aufgabe. $P = 77^2 \,.\, 6 = 35574$ kg.

231. Aufgabe. Fig. 137. Der tragende Querschnitt ist

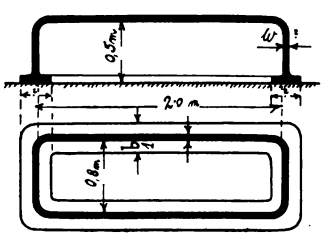


Fig. 137.

$$F = 4\,w^2 + 2\,(2000 + 800)\,w$$

$$F = 4\,(w^2 + 1400\,w) \text{ qmm.}$$

Die zulässige Belastung ist also

$$4\,(w^2 + 1400\,w) \,.\, 2{,}5 = 200000$$

$$w^2 + 1400\,w = 20000$$

$$w = 14 \text{ mm.}$$

Danach ist der tragende Querschnitt

$$F = 80000 \text{ qmm} = 8 \text{ qdm.}$$

232. Aufgabe. Das Eigengewicht des Rahmens wird zunächst ohne Fuß berechnet. Die 4 Seitenwände haben

die Fläche 2 . (20 + 8) . 5 qdm = 56 . 5 = 280 qdm, die Deckplatte hat die Fläche 20 . 8 = 160 qdm; das sind zusammen 440 qdm. Multipliziert mit der Wandstärke $w = 0{,}14$ dm und dem spezifischen Gewicht $s = 7{,}5$, ergibt das Eigengewicht des Rahmens ohne Fuß

$$G = 440 \,.\, 0{,}14 \,.\, 7{,}5 = 462 \text{ kg},$$

also eine Gesamtbelastung des Mauerwerks mit 200462 kg, wonach die Auflagefläche

$$F = \frac{200462}{15} = 13364 \text{ qcm}$$

und, da die mittlere Länge der Fläche 560 cm beträgt, die Fußbreite

$$b_1 = \frac{13364}{560} = \backsim 24 \text{ cm}$$

sich ergeben.

Hätte man das Eigengewicht des Rahmens unberücksichtigt gelassen, so hätte sich

$$F = \frac{200000}{15} = 13333 \text{ qcm}$$

und

$$b_1 = \frac{13333}{560} = \backsim 24 \text{ cm}$$

ergeben. Es kann also das Eigengewicht des Rahmens ohne weiteres vernachlässigt werden.

233. Aufgabe. Ist die Fläche der Fundamentsohle F qm groß, so ist, unter Vernachlässigung des Rahmengewichtes,

$$F \,.\, 25000 = 210000,$$

also

$$F = \frac{210000}{25000} = 8{,}4 \text{ qm}.$$

Nehmen wir für die Fundamentsohle dasselbe Verhältnis der Dimensionen an, wie für den Rahmen, nämlich

0,8 : 2,0 = 2 : 5, so ergeben sich die Seiten der Fundamentsohle

$$b_2 = 2\,x \text{ und } l_2 = 5\,x, \quad \text{also}$$
$$F = b_2\, l_2 = 10\,x^2 = 84\,000 \text{ qcm}$$
$$\text{und } x^2 = 8400 \text{ qcm,}$$
$$\text{also } x = 91{,}65 \text{ cm,}$$
$$\text{mithin } b_2 = 183 \text{ cm und } l_2 = 458 \text{ cm.}$$

234. Aufgabe. Es ist $F = 15 \,.\, l$,

also $15 \,.\, l \,.\, 6 = 3100$,

mithin $l = 34{,}4$ cm.

235. Aufgabe. Es ist, wenn F qcm der Querschnitt des Rundeisens ist,

$$2\,F \,.\, 750 = 4500$$
$$F = 3 \text{ qcm,}$$
$$\text{also } d = 19{,}6 \text{ mm.}$$

236. Aufgabe. $F = \frac{2{,}5^2\,\pi}{4} = 4{,}9$ qcm,

$$P = 2 \,.\, 4{,}9 \,.\, 750 = 7350 \text{ kg.}$$

237. Aufgabe. $F = \frac{2{,}3^2\,\pi}{4} = 4{,}15$ qcm,

$$k = \frac{30000}{2 \,.\, 4{,}15} = 3612 \text{ kg/qcm.}$$

Für 10fache Sicherheit demnach $k_1 = 3{,}6$ kg/qmm.

238. Aufgabe. Ist der Durchmesser des Rundeisens d mm, so ist das Gewicht der Kette

$$G = \frac{d^2\,\pi}{4} \,.\, 300 \,.\, 0{,}02 = \frac{d^2\,\pi}{4} \,.\, 6 \text{ kg.}$$

Es gilt also die Gleichung

$$\frac{d^2 \pi}{4} . 6 + 5000 = 2 . \frac{d^2 \pi}{4} . 7{,}5,$$

$$\frac{d^2 \pi}{4} = \frac{5000}{9} = 555{,}6 \text{ qmm}$$

und mithin $d = \backsim 27$ mm.

239. Aufgabe. $F = \frac{1{,}1^2 \pi}{4} = 0{,}95$ qcm.

Ist die Länge x m, so ist

$$2 . 0{,}95 . 750 = 1400 + x . 2.$$

$$x = 12{,}5 \text{ m.}$$

240. Aufgabe. Die Geschwindigkeit des Riemens ist

$$c = \frac{\pi . 150}{60} = 7{,}854 \text{ m/sec.}$$

Ist die Kraft, welche am Umfange der Riemenscheibe wirkt, x kg, so gilt für die zu übertragende Leistung in mkg/sec $x . 7{,}854 = 8 . 75.$

Demnach ist $x = \frac{600}{7{,}854} = 76{,}4$ kg.

Es wird nun im allgemeinen angenommen, daß der Zug S_1 im treibenden Trum doppelt so groß ist, als S_2 im getriebenen Trum, und daß die Umfangskraft am Umfange der Riemenscheibe gleich der Differenz der einander entgegenwirkenden Zugkräfte S_1 und S_2 ist. Dann würde

$$S_1 = 2 S_2$$

und $S_1 - S_2 = x,$

also $S_2 = x$ und $S_1 = 2 x$

sein. Der größte Zug im Riemen ist also $2 x$, daher

$$P = 152{,}8 \text{ kg.}$$

Nach diesem größten Zug muß der Querschnitt des Riemens bestimmt werden.

Es ist

$$P = b \,.\, d \,.\, k$$

$$152{,}8 = b \,.\, 6 \,.\, 0{,}2$$

$$b = \frac{152{,}8}{6 \,.\, 0{,}2} = \infty\ 127 \text{ mm.}$$

241. Aufgabe. Die vorhandene Riemenbelastung ist

$$P = 25 \,.\, 0{,}8 \,.\, 30 = 600 \text{ kg.}$$

Ist n die Anzahl der Hanfseile, so ist die zulässige Belastung der Hanfseile

$$P = n \,.\, \frac{4^2 \pi}{4} \,.\, 12 = n \,.\, 150{,}84 \text{ kg.}$$

Es ist also

$$n \,.\, 150{,}84 = 600$$

$$n = \infty\ 4.$$

242. Aufgabe. Die zulässige Beanspruchung des Riemens ist $P = 40 \,.\, 0{,}8 \,.\, 25 = 800$ kg.

Nach Aufgabe 240 ist also die am Umfange der Riemenscheibe wirkende Umfangskraft

$$x = 400 \text{ kg.}$$

Die Arbeitsleistung derselben in einer Sekunde ist

$$L = 400 \,.\, 20 \,.\, \frac{1}{75} = 106{,}6\ PS.$$

Aus der Formel für die Umfangsgeschwindigkeit

$$c = \frac{D \pi \,.\, n}{60}$$

ergibt sich

$$D \pi = \frac{20 \,.\, 60}{160} = 7{,}5 \text{ m}$$

und

$$D = 2{,}390 \text{ m.}$$

243. Aufgabe. Ist x die Umfangskraft an der Seilscheibe, so ist die sekundliche Leistung in Kilogrammmetern

$$x \cdot 20 = 65 \cdot 75,$$

also
$$x = \frac{65 \cdot 75}{20} = 243{,}75 \text{ kg},$$

also (siehe Aufgabe 240) der stärkste Zug im Seil

$$P = 2x = 487{,}50 \text{ kg}.$$

Die Querschnittsfläche des Seiles ist

$$F = \frac{487{,}5}{2} = 243{,}75 \text{ qmm},$$

also der Durchmesser $d = 17{,}6$ mm.

Aus der Formel für die Umfangsgeschwindigkeit

$$c = \frac{D\pi \cdot n}{60}$$

folgt
$$D\pi = \frac{60 \cdot 20}{110} = 10{,}909 \text{ m},$$

also
$$D = 3{,}47 \text{ m}.$$

244. Aufgabe. Ist die Umfangskraft an der Seilscheibe x kg, so ist die zu übertragende Leistung

$$x \cdot \frac{2{,}5\,\pi \cdot 120}{60} = 200 \cdot 75 \text{ mkg/sec},$$

also
$$x = \frac{200 \cdot 75 \cdot 60}{2{,}5\,\pi \cdot 120} = \infty\ 955 \text{ kg}.$$

Mithin ist $P = 2x = 1910$ kg (siehe Aufgabe 240), der Querschnitt aller Seile ist also

$$F = \frac{1910}{10} = 191 \text{ qcm}.$$

Die Querschnitte eines Seiles von 40, 45 und 50 mm Durchmesser sind entsprechend 12,56, 15,9, 19,9 qmm, also ist die Anzahl der Seile entsprechend

$$n_1 = \frac{191}{12,56} = \backsim 15—16 \text{ Seile}$$

$$n_2 = \frac{191}{15,9} = \backsim 12 \quad "$$

$$n_3 = \frac{191}{19,6} = \backsim 10 \quad " .$$

245. Aufgabe. Die Umfangskraft sei x kg, dann ist

$$x \,.\, \frac{1,20 \,.\, \pi \,.\, 180}{60} = 12 \,.\, 75,$$

also

$$x = \frac{12 \,.\, 75 \,.\, 60}{1,2\,\pi \,.\, 180} = 79,5 \text{ kg.}$$

Mithin ist die stärkste Beanspruchung des Riemens im ziehenden Trum (s. Aufg. 240)

$$P = 2\,x = 159 \text{ kg.}$$

Die Querschnittsfläche des Riemens ist

$$F = \frac{159}{10} = 15,9 \text{ qcm,}$$

mithin ist

$$b \,.\, 0,7 = 15,9 \text{ qcm}$$

und

$$b = \frac{159}{7} = 22,7 \text{ cm.}$$

246. Aufgabe. Der Querschnitt der Hanfseile ist

$$F = 7 \,.\, \frac{5^2 \pi}{4} = 137,41 \text{ qcm,}$$

also die zulässige Beanspruchung

$$P = 137,41 \,.\, 12 = 1648,92 \text{ kg,}$$

und die Umfangskraft an der Seilscheibe (s. Aufg. 240)

$$x = 824,46 \text{ kg.}$$

Die übertragene Leistung ist daher

$$N = 824,46 \,.\, 18 \,.\, \frac{1}{75} = \backsim 198 \, PS.$$

Aus der Formel $c = \frac{D \pi n}{60}$ ergibt sich

$$n = \frac{c \cdot 60}{D \pi} = \frac{18 \cdot 60}{2{,}2 \cdot \pi} = 156 \text{ Umdrehungen i. d. Min.}$$

247. Aufgabe. Fig. 138. Die Kraft von 1000 kg überträgt sich vom Hebelarm 300 mm auf den Hebelarm 200 mm, die am Umfang der Bremsscheibe wirkende Kraft ist also

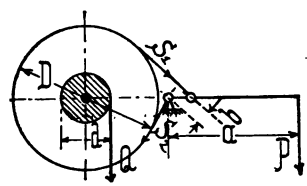


Fig. 138.

$$x = \frac{1000 \cdot 300}{200} = 1500 \text{ kg}$$

und die zur Bremsung erforderliche größte Spannung im Bremsbande also (s. Techn. Mech. S. 32)

$$S = 1500 \cdot \frac{10}{9} = 1666{,}7 \text{ kg},$$

daher die Querschnittsfläche des Riemens

$$F = \frac{1666{,}7}{8} = 208{,}3 \text{ qmm},$$

also $$a \cdot 100 = 208{,}3 \text{ qmm}$$

und $$a = 2{,}08 \text{ mm}.$$

248. Aufgabe. Nach der Formel (Techn. Mech. S. 70)

$$p \cdot d = 2 w k$$

ist $$p = \frac{2 \cdot 1{,}2 \cdot 250}{40} = 15 \text{ Atmosphären}.$$

249. Aufgabe. Es ist

$$w = \frac{p \cdot d}{2 k} = \frac{20 \cdot 40}{2 \cdot 250} = 1{,}6 \text{ cm}.$$

250. Aufgabe. Es ist

$$w = \frac{p \cdot d}{2\,k} = \frac{20 \cdot 15}{2 \cdot 750} = 0{,}2 \text{ cm.}$$

251. Aufgabe. Es ist

$$w = \frac{p \cdot d}{2\,k} = \frac{10 \cdot 110}{2 \cdot 750} = 0{,}7 \text{ cm,}$$

also bei 0,7 der Festigkeit

$$w = 1 \text{ cm.}$$

§ 2. Biegungsfestigkeit.

252. Aufgabe. Fig. 139. Das Widerstandsmoment eines rechteckigen Querschnittes ist

$$W = \frac{b \cdot h^2}{6}$$

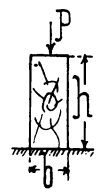


Fig. 139.

Man wählt für b und h das cm als Maßeinheit und bezeichnet dann W mit cm^3.

$$W_1 = \frac{10 \cdot 15^2}{6} = 375 \text{ cm}^3.$$

$$W_2 = 1000 \text{ cm}^3, \quad W_3 = 1562{,}5 \text{ cm}^3, \quad W_4 = 2250 \text{ cm}^3.$$

253. Aufgabe. Für den quadratischen Querschnitt ist

$$W = \frac{a^3}{6}.$$

$$W_1 = 166{,}7 \text{ cm}^3, \quad W_2 = 562{,}5 \text{ cm}^3, \quad W_3 = 1333{,}3 \text{ cm}^3,$$
$$W_4 = 2604{,}2 \text{ cm}^3.$$

254. Aufgabe. Für den Kreis ist

$$W = \frac{d^3 \pi}{32}.$$

$$W_1 = 1534 \text{ mm}^3, \quad W_2 = 12\,272 \text{ mm}^3, \quad W_3 = 21\,210 \text{ mm}^3,$$
$$W_4 = 33\,675 \text{ mm}^3.$$

255. Aufgabe. $W = \frac{b \cdot h^3 - b_1 \cdot h_1^3}{6 \cdot h}.$

$b = 9$ cm; $h = 20$ cm; $b_1 = 8{,}1$ cm; $h_1 = 17{,}6$ cm.

$$W = \frac{9 \cdot 20^3 - 8{,}1 \cdot 17{,}6^3}{6 \cdot 20} = 232 \text{ cm}^3.$$

256. Aufgabe. Fig. 139 u. 140. Wird der Balken mit der Breite b aufgelegt, so ist das Widerstandsmoment des Querschnitts $W_1 = \frac{b \cdot h^2}{6}$,

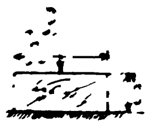


Fig. 140.

wird er dagegen mit der Höhe h aufgelegt, so ist das Widerstandsmoment des Querschnittes

$$W_2 = \frac{h \cdot b^2}{6}.$$

Es ist also $W_1 : W_2 = h : b$

und daher, da $h > b$,

auch $W_1 > W_2$.

257. Aufgabe. Fig. 141. Das Moment der Kraft P ist $M = P \cdot l = 648 \cdot 200$
$= 129\,600$ kg . cm.

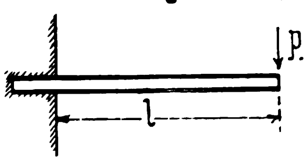


Fig. 141.

Das Moment der inneren Spannungen ist

$M = W \cdot k = 216\ \text{cm}^3 \cdot k \cdot \text{kg cm}^2$.

Mithin ist, da $Pl = W \cdot k$ sein muß,

$$k = \frac{129\,600}{216} = 600\ \text{kg/qcm}.$$

258. Aufgabe. Fig. 142. Es ist

$$W = \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{15 \cdot 25^3}{5} = 1562{,}5\ \text{cm}^3.$$

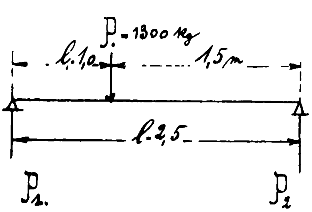


Fig. 142.

Ferner ist $P_1 : P_2 = 1{,}5 : 1 = 3 : 2$ und $P_1 + P_2 = 1300$ kg, also

$P_1 = 780$ kg und $P_2 = 520$ kg.

Für den Querschnitt an der Belastungsstelle ist

$P_1 \cdot l_1 = W \cdot k_1$, also

$780 \cdot 100 = 1562{,}5 \cdot k$, und mithin

$$k_1 = \frac{780 \,.\, 100}{1562{,}5} = \infty\, 50 \text{ kg/qcm.}$$

Für die Mitte des Balkens gilt die Gleichung

$$P_2 \,.\, \frac{l}{2} = W \,.\, k_2; \text{ also ist}$$

$$520 \,.\, 125 = 1562{,}5 \,.\, k_2 \text{ und}$$

$$k_2 = \frac{520 \,.\, 125}{1562{,}5} = 41{,}6 \text{ kg/qcm.}$$

Die Beanspruchung k_2 ist hier geringer, als an der Belastungsstelle, da das Drehmoment, welches den Querschnitt beansprucht, kleiner ist. Dieses Moment kann auch von der anderen Seite her berechnet werden:

$$\begin{aligned} M &= P_1 \,.\, \frac{l}{2} - P\left(\frac{l}{2} - l_1\right) \\ &= 780 \,.\, 125 - 1300\,(25) \\ &= 780 \,.\, 125 - 260 \,.\, 125 \\ &= 520 \,.\, 125, \end{aligned}$$

und ergibt sich natürlich ebenso groß, wie bei der Berechnung von rechts her, die erstere Berechnung wird aber der Einfachheit halber vorgezogen.

259. Aufgabe. Fig. 143. Wir berechnen zunächst die Stützendrucke. Für den linken Stützpunkt als Drehpunkt ergibt sich folgende Momentengleichung

$$P_2 \,.\, l = P_{\text{I}} \,.\, l_1 + P_{\text{II}} \,.\, l_2.$$

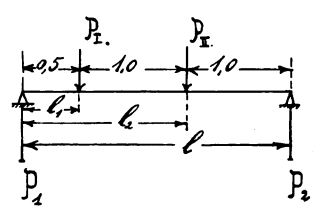


Fig. 143.

Es ist also

$$P_2 = \frac{300 \,.\, 50 + 600 \,.\, 150}{250} = 420 \text{ kg.}$$

und da $\quad P_1 + P_2 = P_{\text{I}} + P_{\text{II}}$ ist,

so folgt $\quad P_1 = 300 + 600 - 420 = 480$ kg.

Für den Querschnitt bei P_{I} gilt die Gleichung

$$P_1 \,.\, l_1 = W \,.\, k_1$$

oder $$480 \,.\, 50 = 99 \,.\, k_1,$$

also ist $$k_1 = \frac{480 \,.\, 50}{99} = 242{,}4 \text{ kg qcm.}$$

Für den Querschnitt bei P_{II} ist

$$P_2 \,.\, (l - l_2) = W \,.\, k_2$$

oder $$420 \,.\, 100 = 99 \cdot k_2,$$

mithin $$k_2 = \frac{420 \,.\, 100}{99} = 424{,}2 \text{ kg qcm.}$$

Bei P_{II} ist das Drehungsmoment

$$M_1 = 480 \,.\, 50 = 24000 \text{ kg . cm},$$

bei P_{II} ist es

$$M_2 = 420 \,.\, 100 = 42000 \text{ kg . cm.}$$

Es ist daher auch die Beanspruchung k_2 des **zweiten Querschnittes** größer als die k_1 des ersten.

260. Aufgabe. Fig. 141. Es ist die Breite des Querschnittes

$$b = 5x \text{ cm}$$

und die Höhe $$h = 7x \text{ cm},$$

dann ist das Widerstandsmoment

$$W = \frac{5x \,.\, (7x)^2}{6} = \frac{245 x^3}{6} \text{ cm}^3.$$

Das äußere Moment ist für die Einspannungsstelle

$$M = P \,.\, l = 800 \,.\, 180 = 144000 \text{ kg . cm},$$

und da $$P \,.\, l = W \,.\, k,$$

so ist $$144000 = \frac{245 \,.\, x^3}{6} \cdot 60,$$

mithin $$x^3 = \frac{144000 \,.\, 6}{245 \,.\, 60} = 58{,}775 \text{ cm}^3$$

und $$x = 3{,}89 \text{ cm.}$$

Also $\quad b = 19{,}5$ cm

und $\quad h = 27{,}2$ m.

Das Widerstandsmoment des Querschnittes ist

$$W = \frac{P \, . \, l}{k} = \frac{800 \, . \, 180}{60} = 2400 \text{ cm}^3.$$

Bei der Ausführung wird man $b = 20$ cm und $h = 27$ cm wählen; dann ist das Widerstandsmoment

$$W = \frac{b \, . \, h^2}{6} = \frac{20 \, . \, 27^2}{6} = 2430 \text{ cm}^3,$$

also annähernd das verlangte.

261. Aufgabe. Fig. 141. Die auf einen Balken kommende Belastung ist $P = 600$ kg.

Das äußere Moment ist

$$M = P \, . \, l = 600 \, . \, 60 = 36\,000 \text{ kg . cm}.$$

Das innere Moment des Querschnittes ist $W \, . \, k$, also ist

$$W = \frac{P \, . \, l}{k} = \frac{36\,000}{60} = 600 \text{ cm}^3.$$

Ist $\quad b = 3x$ und $h = 4x$, so ist

$$W = \frac{3x \, . \, (4x)^2}{6} = 8x^3 \text{ cm}^3,$$

also $\quad 8x^3 = 600$ und

$$x^3 = 75,$$

also $\quad x = 4{,}2$ und mithin

$$b = 12{,}6 \text{ cm und } h = 16{,}8 \text{ cm}.$$

Wählt man $b = 12$ und $h = 17$, so ist

$$W = \frac{12 \, . \, 17^2}{6} = 578 \text{ cm}^3,$$

also zu klein; nimmt man dagegen

$b = 13$ und $h = 17$, so ist $W = 626$ cm³, also etwas größer, als es verlangt wird.

262. Aufgabe. Fig. 144. Am stärksten wird der Hebel an der belasteten Stelle bei N beansprucht. Für diesen Querschnitt ist das äußere Moment

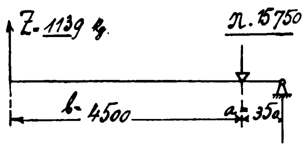


Fig. 144.

$M = 1139 . 450 = 512550$ kg.cm.

Da das innere Moment $W . k$ ist, so ist

$$W = \frac{M}{k} = \frac{512550}{60} = 8542{,}5 \text{ cm}^3.$$

Man setzt $b = 3x$, $h = 4x$, dann ist

$$W = \frac{3x(4x)^2}{6} = 8x^3$$

und

$$8x^3 = 8542{,}5$$
$$x^3 = 1067{,}8$$
$$x = 10{,}2 \text{ cm},$$

also

$$b = 30{,}6 \text{ cm und } h = 40{,}8 \text{ cm}$$
$$= \infty 31 \text{ cm} \qquad = \infty 41 \text{ cm}.$$

Das Gewicht des hölzernen Hebels würde sich danach auf

$$G = 3{,}1 . 4{,}1 . 48{,}5 . 0{,}5 = 308 \text{ kg}$$

stellen, wenn 0,5 das spezifische Gewicht des Holzes ist. Wählen wir einen eisernen Hebel ($k = 750$ kg/qcm), so ergibt sich das Widerstandsmoment

$$W = \frac{512550}{750} = 683 \text{ cm}^3.$$

Für ein I-Eisen ergibt sich nach der Tabelle Profil No. 30, für welches $W = 652$ cm³ ist, und bei welchem $b = 12{,}5$ cm, $h = 30$ cm, $w_1 = 10{,}8$ mm, $w_2 = 16{,}2$ mm und das Gewicht 53,8 kg für 1 m Länge, also in unserem Falle für 4,85 m Länge

$$G = 53{,}8 . 4{,}85 = 261 \text{ kg}$$

ist. Da das Gewicht nur unwesentlich geringer ausfallen würde, so würde ein hölzerner Hebel vorzuziehen sein. Erscheint aber dieser in seinen Dimensionen zu groß, so

müßte man ihn durch 2 Hebel nach der Skizze (Fig. 145) ersetzen, welche dann kürzer und mit kleinerem Querschnitt gewählt werden dürfen. Hat der Hebel I das Übersetzungsverhältnis 1 : 5 und Hebel II das Übersetzungsverhältnis 1 : 3, so ist das Gesamtübersetzungsverhältnis 1 : 15, also

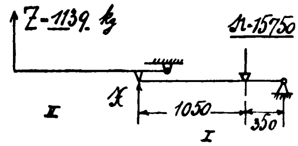


Fig. 145.

$$Z = \frac{15\,750}{15} = 1050 \text{ kg},$$

also ungefähr von der Größe im gegebenen Falle. Dann ist der Zug

$$x = \frac{15\,750}{5} = 3150 \text{ kg}$$

und für Holz in dem Querschnitt bei N das Widerstandsmoment

$$W = \frac{3150 \,.\, 105}{60} = 5512 \text{ cm}^3,$$

also $$x^3 = \frac{5512}{8} = \backsim 690 \text{ cm}^3$$

$$x = 8{,}8 \text{ cm}$$

und $$b = 25{,}4 \text{ cm}, \quad h = 35{,}2 \text{ cm}.$$

Ebenso erhält man dann auch in dem Hebel II im Querschnitt bei x kleinere Dimensionen. Dasselbe gilt für die Anwendung zweier eiserner Hebel.

263. Aufgabe. Fig. 146. Für den linken Stützpunkt als Drehpunkt gilt die Momentengleichung

$$P_2 \,.\, 6 = 1500 \,.\, 2.$$

Also ist $P_2 = 500$ kg.

Das äußere, auf den Querschnitt bei P wirkende Moment ist

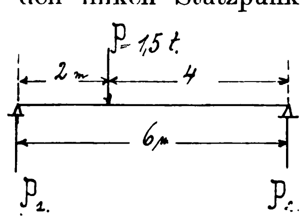


Fig. 146.

$$M = P_2 \,.\, 400 = 500 \,.\, 400 = 200\,000 \text{ kg . cm}.$$

Das innere Spannungsmoment ist

$$M = W \, . \, k = W \, . \, 75.$$

Es ist also $$W = \frac{200\,000}{75} = 2667 \text{ cm}^3.$$

Wird nun $b = 3x$ und $h = 4x$ gesetzt, so ist

$$W = \frac{b \, . \, h^2}{6} = \frac{3x(4x)^2}{6} = 8x^3,$$

mithin $$8x^3 = 2667,$$
$$x = 6{,}93$$

und $$b = 20{,}79 \text{ cm}, \quad h = 27{,}72 \text{ cm}$$
$$= 21 \text{ cm} \qquad = 28 \text{ cm}.$$

Dann ist $$W = \frac{21 \, . \, 28^2}{6} = 2744 \text{ cm}^3.$$

Verlangt war $$W = 2667 \text{ cm}^3.$$

264. Aufgabe. Fig. 147. Für die Stützendrucke gelten, da die drückenden Lasten und die Stützen symmetrisch zur Mitte des Trägers liegen, die Werte

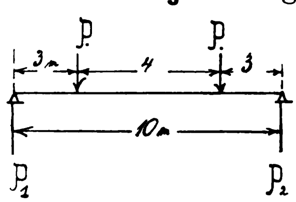


Fig. 147.

$$P_1 = P_2 = P = 4000 \text{ kg}.$$

Das äußere Moment im belasteten Querschnitt ist

$$M = P_1 \, . \, 300 = 4000 \, . \, 300 = 1\,200\,000 \text{ kg} \, . \, \text{cm}.$$

Das innere Moment ist

$$M = W \, . \, k = W \, . \, 750.$$

Also ist $$W = \frac{1\,200\,000}{750} = 1600 \text{ cm}^3.$$

Nach der Tabelle der Normalprofile ist ein **I**-Profil No. $42^1/_2$ mit einem Widerstandsmoment $W = 1754$ cm³ vorhanden, welches für den vorliegenden Fall gewählt werden kann. Alsdann wird die Spannung k nicht 750 kg/qcm, sondern

$$k = \frac{1200000}{1754} = \backsim 685 \text{ kg/qcm},$$

also kleiner, was zulässig ist.

Hätte man das nächst niedere Widerstandsmoment für ein I-Eisen No. 40 mit $W = 1472 \text{ cm}^3$ genommen, so wäre

$$k = \frac{1200000}{1472} = \backsim 816 \text{ kg/qcm},$$

was gegenüber dem geforderten $k = 750$ kg/qcm als zu groß, daher als unzulässig zu erachten ist.

265. Aufgabe. Fig. 148. Das äußere Moment für den gefährlichen Querschnitt des I-Trägers ist

$$M = 2500 . 200 = 500000 \text{ kg . cm}.$$

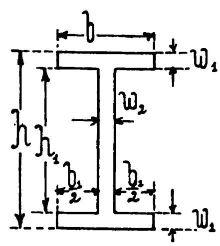


Fig. 148.

Für das Profil ist $b = 8\,w$, $h = 12\,w$, $b_1 = b - w = 7\,w$; $h_1 = h - 2\,w = 10\,w$, also

$$W = \frac{b . h^3 - b_1 h_1{}^3}{6h} = \frac{8\,w . (12\,w)^3 - 7\,w . (10\,w)^3}{72\,w}$$

$$W . = 94{,}777\, w^3$$

und mithin das innere Moment des Querschnitts

$$M = W . k = 94{,}777 . w^3 . 750$$
$$= 71082\, w^3.$$

Es ist daher

$$w^3 = \frac{500000}{71082} = 7{,}034 \text{ cm}^3,$$

$$w = 1{,}92 \text{ cm},$$

$$b = 15{,}36 \text{ cm}, \ h = 23{,}24 \text{ cm}$$

$$\text{und } W = \frac{500000}{750} = 667 \text{ cm}^3.$$

Nach der Tabelle der Normalprofile für I-Eisen würde No. 30 mit $W = 660$ cm³ annähernd genügen.

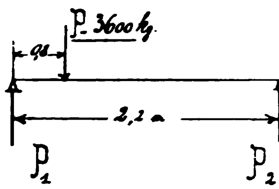


Fig. 149.

266. Aufgabe. Fig. 149. Zunächst ist $P_1 . 22 = 3600 . 14$, also $P_1 = 2291$ kg, und da $P_1 + P_2 = P$ ist, $P_2 = 1309$ kg.

Das äußere Moment an der Belastungsstelle ist

$M = P_1 . 80 = 2291 . 80 = 183280$ kg . cm.

Für das innere Moment ist

$$W = \frac{\pi d^3}{32} \text{ und } M = W . k = \frac{\pi . d^3}{32} . 750,$$

$$\text{also folgt } \frac{\pi . d^3}{32} . 750 = 183\,280,$$

$$d^3 = \frac{183\,280 . 32}{750\, \pi} = 2489 \text{ cm}^3$$

Es ist daher der Durchmesser an der belasteten Stelle

$$d = 13{,}5 \text{ cm}$$

zu wählen.

Für den linken Zapfen gilt (Techn. Mech. S. 75)

$$d_1 = \sqrt{\frac{32 . 2291 . 1{,}5}{\pi . 750}} = 6{,}8 \text{ cm},$$

für den rechten Zapfen

$$d_2 = \sqrt{\frac{32 . 1309 . 1{,}5}{\pi . 750}} = 5{,}2 \text{ cm}.$$

267. Aufgabe. Das innere Moment des gefährlichen Querschnitts ist

$$M = W . k = 216 . 500 \text{ cm}^3 . \text{kg/qcm}.$$
$$= 216 . 500 \text{ kg . cm}.$$

Das äußere Moment ist

$$M = P_1 \,.\, l = P_1 \,.\, 250 \text{ kg . cm.}$$

Also ist $$P_1 = \frac{216 \,.\, 500}{250} = 432 \text{ kg.}$$

Für P_2 erhalten wir entsprechend

$$P_2 = \frac{216 \,.\, 750}{250} = 648 \text{ kg.}$$

Wirken die Kräfte P_1 und P_2 nicht an dem Hebelarme 250 cm, sondern nur an 200 cm, so wird das äußere Moment nur $^4/_5$ des ursprünglichen Wertes haben und infolgedessen der gefährliche Querschnitt auch nur mit $^4/_5$ der ursprünglichen Spannung beansprucht werden.

Es ist dann also $$k_1 = \frac{500 \,.\, 4}{5} = 400 \text{ kg/qcm}$$

und $$k_2 = \frac{750 \,.\, 4}{5} = 600 \text{ kg/qcm.}$$

268. Aufgabe. Es ist

$$W = \frac{bh^2}{6} = \frac{15 \,.\, 25^2}{6} = 1562{,}5 \text{ cm}^3.$$

Ferner ist $$P \,.\, l = W \,.\, k,$$

also $$P = \frac{W \,.\, k}{l} = \frac{1562{,}5 \,.\, 50}{200} = 390{,}5 \text{ kg.}$$

269. Aufgabe. Es ist

$$b\ = 9{,}0 \text{ cm}, \quad h\ = 20 \text{ cm},$$
$$b_1 = 8{,}1 \text{ cm}, \quad h_1 = 17{,}6 \text{ cm}$$

und daher

$$W = \frac{bh^3 - b_1 h_1{}^3}{6\,h} = \frac{9 \,.\, 20^3 - 8{,}1 \,.\, 17{,}6^3}{120} = 232 \text{ cm}^3.$$

Aus $P.l = W.k$ folgt dann

$$l = \frac{W.k}{P} = \frac{232.600}{2000} = 69{,}6 \text{ cm.}$$

270. Aufgabe. Fig. 150. Sieht man von dem Gewicht des Trägers ab, so sind die Stützendrucke, falls die zu berechnende Last P kg beträgt,

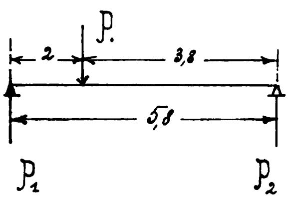


Fig. 150.

$$P_1 = \frac{P.3{,}8}{5{,}8} \text{ und } P_2 = \frac{P.2{,}0}{5{,}8}.$$

Für die belastete Stelle gilt die Gleichung

$$P_1.l = W.k,$$

$$\frac{P.3{,}8}{5{,}8}.200 = 900.750.$$

Es ist daher $P = \frac{900.750.5{,}8}{3{,}8.200} = \backsim 5000$ kg.

271. Aufgabe. $W = \frac{b.h^2}{6} = \frac{15.20^2}{6} = 1000 \text{ cm}^3.$

$M = \frac{P}{2} \cdot \frac{l}{2}$, denn die Stützendrucke sind $= \frac{P}{2}$.

$M = 200.l.\text{kg}.\text{cm}$

$M = W.k = 1000.60 = 60000.\text{kg}.\text{cm}.$

Daher $l = \frac{60000}{200} = 300 \text{ cm} = 3 \text{ m}.$

272. Aufgabe. $l = 185$ cm.

$$W = \frac{\pi.d^3}{32} = \frac{\pi.22^3}{32}$$

$$= 1045 \text{ cm}^3.$$

$$P \cdot l = 8\ W \cdot k,$$

$$P = \frac{8 \cdot 1045 \cdot 60}{185} = \backsim 2700 \text{ kg}.$$

273. Aufgabe. Die Belastung für jeden Stempel ist

$$P = 1350 \text{ kg}.$$

Daher ist $F = \frac{1350}{20} = 67{,}5$ qcm,

also $d = 9{,}3$ cm $= 93$ mm.

§ 3. Schubfestigkeit.

274. Aufgabe. Die auf Abscheren in Anspruch genommene Fläche ist

$$F = \frac{14^2 \pi}{4} \text{ qmm}$$

$$k = 8 \text{ kg/qmm},$$

also
$$P = \frac{14^2 \pi}{4} . 8 = 1231 \text{ kg}.$$

275. Aufgabe. Die auf Abscheren in Anspruch genommene Fläche ist die Mantelfläche des herauszustoßenden Zylinders, also

$$F = 20 \pi . 10 = 200 . \pi = 628 \text{ qmm},$$

mithin
$$P = 628 . 35 = 21\,980 \text{ kg}.$$

§ 4. Torsion.

276. Aufgabe. Nach Techn. Mech. S. 76 ist

$$d = \sqrt[3]{\frac{16 \,.\, P \,.\, R}{\pi \,.\, k}} = \sqrt[3]{\frac{16 \,.\, 1000 \,.\, 35}{\pi \,.\, 750}} = 6{,}2 \text{ cm.}$$

277. Aufgabe. Angenommen, die Transmissionswelle werde durch eine Scheibe mit dem Radius R cm angetrieben, an der eine Umfangskraft von P kg wirkt. Dann ist die übertragene Leistung

$$N = 100 = \frac{P \,.\, R \,.\, 2\,\pi \,.\, n}{60 \,.\, 75},$$

also

$$PR = \frac{100 \,.\, 60 \,.\, 75}{2\,\pi \,.\, 100} = 716{,}3 \text{ kg . m}$$

$$= 71630 \text{ kg . cm.}$$

Andererseits ist (Techn. Mech. S. 76)

$$P \,.\, R = \frac{\pi \,.\, d^3}{16} \cdot k,$$

mithin folgt

$$k = \frac{71630 \,.\, 16}{\pi \,.\, 10^3} = 365 \text{ kg/qcm},$$

ein Wert, der zulässig ist.

278. Aufgabe. Nach Techn. Mech. S. 76 ist

$$d = 12 \sqrt[4]{\frac{N}{n}} = 12 \sqrt[4]{\frac{50}{120}} = 9{,}6 \text{ cm.}$$

279. Aufgabe. Nach Techn. Mech. S. 76 ist

$$11{,}5 = 12\sqrt[4]{\frac{N}{120}}.$$

Also ist

$$N = \frac{11{,}5^4 \cdot 120}{12^4} = \infty\, 101\ PS.$$

Gebauer-Schwetschke Druckerei und Verlag m. b. H., Halle a. S.